উচ্চ মাধ্যমিক

রসায়ন

ড: রণজিৎ দাস

উচ্চ মাধ্যমিক রসায়ন

পশ্চিমবঙ্গ উচ্চ মাধ্যমিক শিক্ষাসংসদ কর্তৃক প্রবর্তিত নূতন পাঠ্যক্রম অনুসারে একাদশ ও দ্বাদশ শ্রেণীর জন্য লিখিত

[প্রথম খণ্ড—প্রথম পত্র]

ডঃ রণজিৎ দাস এম. এস-সি., পি-এইচ. ডি.
অধ্যক্ষ, রামসদয় কলেজ, আমতা (হাওড়া)।
[প্রাক্তন অধ্যাপক, সিটি ও রামমোহন কলেজ, কলিকাতা]
'উচ্চ মাধ্যমিক ব্যবহারিক রসায়ন' পুস্তক প্রণেতা

পঞ্চম সংস্করণ

ওরিয়েণ্টাল বুক কোম্পানী
৫৬ সূর্য সেন স্ট্রীট, কলিকাতা-৯

প্রথম প্রকাশ : নভেম্বর, ১৯৭৬
পরিমার্জিত ও পরিবর্ধিত দ্বিতীয় সংস্করণ : সেপ্টেম্বর, ১৯৭৭
পরিবর্ধিত তৃতীয় সংস্করণ : সেপ্টেম্বর, ১৯৭৮
পরিবর্ধিত চতুর্থ সংস্করণ : অগাস্ট, ১৯৭৯
পঞ্চম সংস্করণ : সেপ্টেম্বর, ১৯৭৯

প্রকাশক
শ্রীকৃপেশচন্দ্র ভট্টাচার্য, বি.এ
ওরিয়েন্টাল বুক কোম্পানী
৫৬ সূর্য সেন স্ট্রীট, কলিকাতা-৯

মুদ্রাকর
শ্রীভূমি মুদ্রণিকা
৭৭ লেনিন সরণী, কলিকাতা-১৩

মূল্য : ১৫·০০ টাকা

এই পুস্তক আংশিক ভারত সরকারের আনুকূল্যে প্রাপ্ত হ্রাসমূল্যের কাগজে এবং আংশিক বাজার হইতে ক্রীত কাগজে মুদ্রিত।

পঞ্চম সংস্করণের ভূমিকা

উচ্চ মাধ্যমিক রসায়ন পুস্তকের প্রথম খণ্ডের পঞ্চম সংস্করণ প্রকাশিত হইল। এই সংস্করণে উচ্চ মাধ্যমিক সংসদ কর্তৃক গৃহীত দুই বৎসরের পরীক্ষার প্রশ্ন এবং দুই দফায় সংসদ-প্রচারিত নমুনা প্রশ্ন (Specimen Questions) এবং গাইডলাইনের পরিপ্রেক্ষিতে পুস্তকের প্রায় প্রতিটি অধ্যায়েই অল্পাধিক পরিবর্তন ও সংযোজন করিয়াছি। বিভিন্ন অধ্যায়ের পরিবর্তন ও সংযোজনাদি ছাত্রছাত্রীদের নিকট পুস্তকখানির উপযোগিতা আরও বর্ধিত করিবে বলিয়া আশা করি। অধিকন্তু পুস্তকের শেষাংশে কয়েকটি বিশেষ ধরনের প্রশ্নাবলী সংযোজন করিয়াছি। এইসব প্রশ্নাবলী এবং উহাদের সঠিক উত্তরদান পদ্ধতি আয়ত্ত করিলে ছাত্রছাত্রীরা সংসদের পরীক্ষা এবং পরবর্তী বিভিন্ন প্রাক্‌নির্বাচনী (Selection Test) পরীক্ষায় আশানুরূপ সাফল্য লাভ করিতে পারিবে। জটিল বিষয়বস্তুর উপস্থাপনা সহ পুস্তকখানি আগাগোড়া সহজবোধ্য ও সুখপাঠ্য করার চেষ্টা করিয়াছি।

রসায়নশাস্ত্রের নানাবিধ জটিল তত্ত্বের সহিত পরিচিত হইয়া ছাত্রছাত্রীরা যাহাতে উত্তরকালে এই শাস্ত্রের উচ্চতর পাঠ্যক্রম সহজে আয়ত্ত করিতে পারে সেইদিকে বিশেষ দৃষ্টি দিয়াছি। শুধু পরীক্ষা পাশের জন্য কতিপয় বাছাই-করা প্রশ্নের উত্তর তৈয়ারি না করিয়া শিক্ষার্থীরা যদি পুস্তকখানি গভীরভাবে অধ্যয়ন করে এবং এই স্তরের উপযোগী রসায়নের বিষয়বস্তু সম্পর্কে সম্যক জ্ঞানলাভ করার চেষ্টা করে তাহা হইলে একজন শিক্ষক হিসাবে ও পাঠ্য-পুস্তক প্রণেতা হিসাবে নিজেকে ধন্য মনে করিব।

পরিশেষে উল্লেখ করি, বর্তমানে বাজারে কাগজের দুর্মূল্যতা ও দুষ্প্রাপ্যতার জন্য এই পুস্তকের চতুর্থ সংস্করণ অপেক্ষাকৃত কম সংখ্যক ছাপানো হইয়াছিল। কিন্তু ধারণাতীত অল্প সময়ের মধ্যে ঐ সংস্করণ নিঃশেষিত হওয়ায় অত্যন্ত দ্রুতগতিতে পঞ্চম সংস্করণ প্রকাশ করিতে হইল। ফলে দুই-চারিটি মুদ্রণ-ত্রুটী থাকার আশঙ্কা করিতেছি। মাননীয় শিক্ষকবৃন্দ এবং স্নেহভাজন শিক্ষার্থীরা এই পুস্তকের কোনরূপ ত্রুটী বা অসম্পূর্ণতা সম্পর্কে আমাকে জানাইলে বিশেষ বাধিত হইব।

আমতা (হাওড়া)
১২ই সেপ্টেম্বর, ১৯৭৯

রণজিৎ দাস

দ্বিতীয় সংস্করণের ভূমিকা

'উচ্চমাধ্যমিক রসায়ন' পুস্তকের প্রথম খণ্ডের দ্বিতীয় সংস্করণ প্রকাশিত হইল। অল্প সময়ের মধ্যে দ্বিতীয় সংস্করণ প্রকাশের সুযোগ লাভ করায় স্বভাবতই মনে হয় পুস্তক খানি মাননীয় শিক্ষকমণ্ডলী ও স্নেহাস্পদ শিক্ষার্থীবৃন্দ কর্তৃক সমাদৃত হইয়াছে। এইরূপ সমাদরে লেখক হিসাবে একদিকে যেমন আনন্দবোধ করিতেছি তেমনই অপর দিকে ইহাতে পুস্তকখানির আরও মানোন্নয়নের একটি অতিরিক্ত দায়িত্ব আমার উপর বর্তাইয়াছে বলিয়া মনে করি।

এই দায়িত্ব সম্বন্ধে সম্পূর্ণ সচেতন থাকিয়াই দ্বিতীয় সংস্করণে বিষয়বস্তুর কিছুটা সংযোজনা দ্বারা আলোচনা আরও বোধগম্য ও সহজতর করার প্রয়াস পাইয়াছি। এই কার্যে অনেক শিক্ষক-শিক্ষিকা এবং আমার সহকর্মীরা তাঁহাদের মূল্যবান ও সুচিন্তিত মতামত দিয়া আমাকে সাহায্য করিয়াছেন। তাঁহাদের নিকট আমি বিশেষভাবে কৃতজ্ঞ। কয়েকজন ছাত্রছাত্রীও পুস্তকের কয়েকটি মুদ্রণ ত্রুটীর প্রতি আমার দৃষ্টি আকর্ষণ করিয়াছে। আমি তাহাদের ধন্যবাদ জানাই।

আমতা
সেপ্টেম্বর, ১৯৭৭

রণজিৎ দাস

উপক্রমণিকা

স্নাতক স্তর পর্যন্ত শিক্ষাব্যবস্থাকে সর্বভারতীয় ভিত্তিতে একইভাবে প্রবর্তন করার জন্য ১০+২+৩ স্তরের নূতন শিক্ষাক্রম চালু হইতেছে। পশ্চিমবঙ্গই উহার + ২ স্তরের বা উচ্চ মাধ্যমিক স্তরের শিক্ষাক্রমকে প্রথম গ্রহণ করিয়াছে।

'উচ্চ মাধ্যমিক রসায়ন' পুস্তকখানি উচ্চ মাধ্যমিক শিক্ষা সংসদ কর্তৃক নির্দেশিত একাদশ-দ্বাদশ শ্রেণীর পাঠ্যসূচী অনুযায়ী লিখিত। উচ্চ মাধ্যমিক শিক্ষা সংসদ অনেক ক্ষেত্রে পুরাতন তথ্য ও তত্ত্বের সহিত নূতন তথ্য ও তত্ত্বের আলোচনা পাঠ্যসূচীর অন্তর্ভুক্ত করিয়াছেন, এবং বিষয়বস্তুর উপস্থাপনেও নূতনত্ব আনয়ন করিয়াছেন।

পাঠ্যসূচীর প্রতি সতর্ক দৃষ্টি রাখিয়াই আমি এই পুস্তকখানি রচনা করিয়াছি। বর্তমান রসায়নবিজ্ঞানের ক্রমোন্নতির যুগে পুরাতন তথ্য ও তত্ত্বের সঙ্গে নূতনের সমন্বয় সাধন করিয়া তাহা এই স্তরের শিক্ষার্থীদের বোধগম্য করার ব্যাপারে কতখানি সফল হইয়াছি তাহার প্রকৃত বিচারক শ্রদ্ধেয় শিক্ষকমণ্ডলী ও স্নেহভাজন শিক্ষার্থীরা। এই পুস্তক রচনায় আমি আমার সুদীর্ঘ শিক্ষক জীবনের শিক্ষকতার অভিজ্ঞতা এবং রসায়ন-শাস্ত্র সম্পর্কে নানাবিধ প্রামাণ্য পুস্তক অধ্যয়নের ফল কাজে লাগাইতে চেষ্টা করিয়াছি।

পুস্তক রচনায় আমার প্রথম লক্ষ্য, সহজ ও সরল ভাষায় পাঠ্যক্রমের বিষয়বস্তুর আলোচনা করা। প্রতিটি বিষয়ই আমি বিস্তারিতভাবে আলোচনার চেষ্টা করিয়াছি। বিষয়বস্তুর আলোচনা সহজবোধ্য করার জন্য এবং উহার ধারাবাহিকতা অক্ষুণ্ণ রাখার জন্য মাধ্যমিক স্তরে আলোচিত কিছু কিছু বিষয়ের পুনরুল্লেখ করিয়াছি। প্রয়োজন স্থলে একাধিক উদাহরণ সন্নিবেশিত করিয়াছি। কোন কোন স্থলে আলোচনার সঙ্গতি বিধানে কিছু কিছু প্রাসঙ্গিক বিষয়ের অবতারণা করিয়াছি। ফলে সংসদ-নির্দিষ্ট সীমিত পৃষ্ঠা-সংখ্যার মধ্যে পুস্তক রচনা সম্পূর্ণ করিতে পারি নাই।

রাসায়নিক গণনার প্রতি শিক্ষার্থীদের আকর্ষণ করার জন্য এই পুস্তকে বিভিন্ন ধরনের প্রশ্নের গণনার সমাধান করিয়া দিয়াছি। আমার সুদীর্ঘ শিক্ষকজীবনের অভিজ্ঞতা এই যে স্বল্প সময়ে ক্লাশে এক একটি অধ্যায় শেষ করিতে হয়, তাহাতে বিভিন্ন ধরনের অধিক সংখ্যক রাসায়নিক গণনার নিয়ম আলোচনা করা সম্ভব হয় না। ফলে সাধারণ ছাত্রছাত্রীদের কাছে গণনা মাত্রেই একটা ভীতির ব্যাপার হইয়া দাঁড়ায়। বিভিন্ন বোর্ড ও বিশ্ববিদ্যালয়ের পরীক্ষক এবং প্রধান পরীক্ষক হিসাবেও দেখিয়াছি যে, রাসায়নিক গণনা মুষ্টিমেয় মেধাবী ছাত্রছাত্রী ব্যতীত কেহই পারতপক্ষে স্পর্শ করে না। কিন্তু রসায়নের শিক্ষক মাত্রই জানেন, রাসায়নিক গণনা ব্যতীত রসায়ন শিক্ষা পূর্ণতা লাভ করিতে পারে না। এই পুস্তকে নানা ধরনের গণনার সমাধান থাকায় আমার বিবেচনায় সহজেই শিক্ষার্থীরা গণনার প্রতি আকৃষ্ট হইবে এবং স্থল বিশেষে শিক্ষকের সাহায্য ছাড়াও সমাধানে সমর্থ হইবে।

কয়েকটি ক্ষেত্রে উপযুক্ত পারিভাষিক শব্দের অভাব হেতু বা যেখানে পারিভাষিক শব্দ ব্যবহারে বিষয়ের জটিলতা বৃদ্ধি পাইবে মনে হইয়াছে, সেখানে অবিকৃত ইংরেজী শব্দ ব্যবহার করিয়াছি। অধিকাংশ স্থলে বাংলা পরিভাষার সহিত ইংরেজী প্রতিশব্দ পাশা-পাশি দিয়াছি।

পুস্তকের শেষাংশে প্রতিটি অধ্যায়ের উপর বিভিন্ন প্রকারের প্রশ্নাবলী দেওয়া হইয়াছে। ঐ সকল প্রশ্ন ও গাণিতিক উদাহরণ অধিকাংশ ক্ষেত্রেই পশ্চিমবঙ্গ সহ ভারতবর্ষের অন্যান্য বিশ্ববিদ্যালয়, বোর্ড এবং বিভিন্ন প্রাক্‌ নির্বাচনী প্রশ্নপত্র হইতে সংগৃহীত হইয়াছে। আশাকরি শিক্ষার্থীরা ইহাতে অধ্যায়ে বর্ণিত বিষয়ের খুঁটিনাটি এবং প্রশ্নের ধারার সহিত পরিচিত হইয়া উপকৃত হইবে।

পুস্তকের ভুল-ত্রুটি সংশোধনে এবং ইহার সর্বাঙ্গীন উন্নতিবিধানে সুধী শিক্ষক মণ্ডলীর পরামর্শ ও উপদেশের যথাযথ মর্যাদাদানে সর্বদাই সচেষ্ট থাকিব।

পুস্তকখানি শিক্ষার্থীদের প্রয়োজন মিটাইতে সক্ষম হইয়াছে জানিতে পারিলেই শ্রম সার্থক বিবেচনা করিব।

আমতা, হাওড়া
১লা নভেম্বর, ১৯৭৬

রণজিৎ দাস

সূচীপত্র

প্রথম পর্ব—সাধারণ ও ভৌত রসায়ন

দ্বিতীয় পর্ব—অজৈব রসায়ন

(অধাতু ও উহাদের যৌগ)

. . . .

In the revised Syllabus for Higher Secondary Examination, of West Bengal H.S. Council for candidates appearing in 1980, the following changes have been made. The teachers and students are requested to note the changes.

..I. The portion parallel calculations using mole concept in the section V will be alternative to any other portion of the original syllabus.

II. The numerical problems on (i) Dalton's law of Partial Pressure; (ii) Graham's law of diffusion of gases are not required.

III. Numerical problems on Law of Mass Action are not required.

ORIGINAL SYLLABUS IN CHEMISTRY

PAPER I (Full Marks—80)

Group—A

General and Physical Chemistry (Marks—40)

I. Introduction. Chemistry—an experimental science. Elements. Compounds and Mixtures.

II. Laws of Chemical Combination—Dalton's Atomic Theory (critical study). Gay Lussac's law. Atomic weight (definition).

III. Concept of the Molecule and Avogadro's Hypothesis. Definition of molecular weight. Simple deduction from Avogadro's Hypothesis. Avogadro Number (Determination excluded). Mole concept.

IV. Symbols, Formula and Valency.—Chemical equations and their significance. Stoichiometry. Weight to weight, weight to volume and volume to volume calculations. Eudiometry. Vapour density (determination omitted), empirical formula and molecular formula.

V. Equivalent weight. Chemical methods of determination of equivalent and atomic weights. Dulong and Petit's Law. Mitscherlich's law of isomorphism. Calculations involving atomic and equivalent weights; Parallel calculations using mole concept.

VI. Acidic, Basic, Amphoteric and neutral Oxides. Hydracids and Oxyacids, Basic Oxides and Hydroxides. Normal, Acid and Basic Salts—Hydrolysis. Equivalent weight of Acids, Bases and Salts. Standard solutions—normal and molar (and formal) solutions. Neutralisation, Indicator. Chemical Calculations on Acidimetry and Alkalimetry.

VII. Oxidation and Reduction—old concept and new electronic concept. Interrelation between the two. Oxidation number—balancing equations by Oxidation-number method (simple examples only from reactions under the purview of the syllabus).
Electropotential series of metals.

VIII. Boyle's Law Charles' Law. Gas Constant R; $pv=nRT$. Dalton's Law of Partial Pressures. Graham's Law of diffusion of gases.

IX. Law of Mass Action. Dynamic Equilibrium and Equilibrium Constant. La Chatelier Principle and its application to some industrial reactions.

Group—B

Inorganic Chemistry (Marks—40)

The Chemistry of an element or a compound mentioned in this syllabus.. includes Preparation, Properties, Reactions and Uses. Laboratory Processes should be included where necessary.

Chemistry of the following :—(Comparative study wherever possible).

I. Oxygen and Hydrogen. Water; Hard Water and Soft Water. Softening of water. Gravimetric and Volumetric Composition of water. Hydrogen peroxide and Ozone.

II. Air; Nitrogen.

III. The Elements—Carbon, Phosphorus, Sulphur and Halogens (Fluorine excluded).

IV. OXIDES
CO, CO_2, $Si0_2$, N_2O. NO, N_2O_3, N_2O_4, N_2O_5,
P_4O_6, P_4O_{10}, SO_2, SO_3.

V. OXYACIDS
Nirous, Nitric, Phosphorus, Phosphoric, Sulphurous, and Sulphuric Acids.

VI. Hydrides—Ammonia, Phosphine Sulphuretted Hydrogen Hydrochloric Hydrobromic and Hydriodic Acids.

VII. Manufacture (omitting details) of Ammonia (Conversion of Ammonia into Ammonium Sulphate and Urea), Nitric Acid, Sulphuric Acid (Contact process only) and Super-Phosphate of Lime, Coal Gas.

মৌলিক পদার্থের তালিকা

Name	Symbol	At.No	At. wt.	Name	Symbol	At.No.	At. wt.
Actinium	Ac	89	277	Iridium	Ir	77	192 2
Aluminium	Al	13	26.98	Iron	Fe	26	55.85
Americium	Am	95	243	Krypton	Kr	36	83.80
Antimony	Sb	51	121.76	Lanthanum	La	57	138 92
Argon	A	18	39.°44	Lead	Pb	82	207.21
Arsenic	As	33	74.91	Lithium	Li	3	6 940
Astatine	At	85	210	Mutecium	Lu	71	174 99
Barium	Ba	56	137.36	Magnesium	Mg	12	24.32
Berkelium	Bk	97	249	Manganese	Mn	25	54.94
Beryllium	Be	4	9.013	Mercury	Hg	80	200.61
Bismuth	Bi	83	209.00	Molybdenum	Mo	42	95.95
Boron	B	5	10.82	Neodymium	Nd	60	144.27
Bromine	Br	35	70.916	Neptunium	Np	94	237
Cadmium	Cd	48	112.41	Neon	Ne	10	20.183
Calcium	Ca	20	40.03	Nickel	Ni	28	58.71
Californium	Cf	98	248	Niobium	Nb	41	92.91-
Carbon	C	6	12.011	Nitrogen	N	7	14.008
Cerium	Ce	58	140.13	Osmium	Os	76	190.2
Cesium	Cs	55	132.91	Oxygen	O	8	16.000
Chlorine	Cl	17	35.457	Palladium	Pd	46	106.4
Chromium	Cr	24	52 01	Phosphorus	P	15	30.975
Cobalt	Co	27	58.94	Platinum	Pt	78	195.09
Columbium ; see Niobium				Plutonium	Pu	94	242
Copper	Cu	29	63.54	Polonium	Po	84	210
Curium	Cm	96	245	Potassium	K	19	39.100
Dysprosium	Dy	66	162.51	Praseodymium	Pr	59	140.92
Erbium	Er	68	167.27	Promethium	Pm	61	145
Europium	Eu	63	152.0	Protoactinium	Pa	91	231
Fluorine	F	9	19.00	Radium	Ra	88	226.05
Francium	Fr	87	223	Radon	Rn	86	222
Gadolinium	Gd	64	157.26	Rhenium	Re	75	186.22
Gallium	Ga	31	69.72	Rhodium	Rh	45	102.91
Germanium	Ge	32	72.60	Rubidium	Rb	37	85.48
Gold	Au	79	197.0	Ruthenium	Ru	44	101.1
Hafnium	Hf	72	178.50	Samarium	Sm	62	150.35
Helium	He	2	4.003	Scandium	Sc	21	44.96
Holmium	Ho	67	164.94	Selenium	Se	34	78.96
Hydrogen	H	1	1.008	Silicon	Si	14	28.09
Indium	In	49	114.82	Silver	Ag	47	107.880
Iodine	I	53	126.91	Sodium	Na	11	22.991

Name	Symbol	At.No.	At. wt.	Name	Symbol	At.No.	At. wt.
Strontium	Sr	38	87.63	Titanium	Ti	22	47.90
Sulphur	S	16	32.066	Tungsten	W	74	183.86
Tantallum	Ta	73	180.95	Uranium	U	92	238.07
Technetium	Tc	43	99	Vanadium	V	22	50·95
Tellurium	Te	52	127.61	Wolfram : see Tungsten			
Terbium	Tb	65	158.93	Xenon	Xe	54	131.30
Thallium	TI	81	204.39	Ytterbium	Yb	70	173.04
Thorium	Th	90	232.05	Yttrium	Y	39	88.92
Thulium	Tm	69	168.94	Zinc	Zn	30	65.38
Tin	Sn	50	118.70	Zirconium	Zr	40	91.22

কয়েকটি জ্ঞাতব্য বিষয়

প্রমাণ অবস্থায় I cc হাইড্রোজেনের ওজন $=0{\cdot}000089$ গ্রাম
$\approx 0{\cdot}00009$ গ্রাম

প্রমাণ তাপমাত্রা $=0°C$ বা $273°A$; প্রমাণ চাপ$=76$ c.m মার্কারী স্তম্ভের চাপ।

প্রমাণ অবস্থায় এক গ্রাম-অণু কোন গ্যাসের আয়তন $=22{\cdot}4$ লিটার।

আণব গ্যাস ধ্রুবক $(R)=0{\cdot}082$ লিটার অ্যাটমসফিয়ার প্রতি ডিগ্রী প্রতি গ্রাম-অণু।

অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা $(N) = 6{\cdot}023 \times 10^{23}$

1 ফ্যারাডে $(F) = 96{,}500$ কুলম্ব।

প্রথম খণ্ড (প্রথম পত্র)

প্রথম পর্ব—সাধারণ ও ভৌত রসায়ন

প্রথম অধ্যায়

ভূমিকা

Syllabus : Introduction. Chemistry—an experimental Science, Elements, Compounds and Mixtures.

রসায়ন : প্রকৃতির বিভিন্ন বিষয় সম্বন্ধে সম্পূর্ণ ও সুশৃঙ্খল জ্ঞানকেই বিজ্ঞান বলে। আলোচনার সুবিধার জন্য বিজ্ঞানের বিষয়বস্তুকে কয়েকটি শাখায় বিভক্ত করা হইয়াছে। বিজ্ঞানের অন্যতম প্রধান শাখা 'রসায়ন'। ইহার ইংরাজী প্রতিশব্দ 'Chemistry'। পাশ্চাত্য পন্ডিতগণের ধারণা প্রাচীন মিশরেই প্রথম রসায়ন চর্চার সূত্রপাত হয় এবং সম্ভবতঃ 'কেমিষ্ট্রি' শব্দের উৎপত্তি মিশরের প্রাচীন নাম 'কিমিয়া' (Chemia) বা কালো জমির দেশ হইতে। কেহ কেহ বলেন কেমিষ্ট্রি শব্দ একটি গ্রীক শব্দ হইতে উদ্ভূত যাহার অর্থ মিশ্রিতকরণ বা জলে মিশাইয়া নিষ্কাশন।

জড় জগৎ অগণিত, বিচিত্র বস্তুর দ্বারা গঠিত। এই বস্তুময় পৃথিবীর যে দিকে তাকানো যায় সেই দিকেই অজস্র বস্তু আমাদের নজরে পড়ে। অনেক পদার্থ আমাদের দৃষ্টিগোচর না হইলেও অনুভূতির সাহায্যে আমরা তাহাদের অস্তিত্ব সম্বন্ধে নিঃসন্দেহ। এই সকল বিভিন্ন বস্তু বা পদার্থের আকার, প্রকার, ধর্ম সবই বিভিন্ন। জল, বায়ু, মাটি, সোনা, লোহা, লবণ সবই পদার্থ; কিন্তু তাহাদের দুইটির ধর্ম কখনও এক নহে।

আবার স্বাভাবিক ভাবে অথবা তাপ, চাপ, বৈদ্যুতিক শক্তি ইত্যাদির প্রভাবে পদার্থের প্রতিনিয়তই পরিবর্তন হইতেছে। তেল পুড়িলে আলো বিকিরণ সহ উহা জ্বলিয়া ক্রমশঃ অদৃশ্য হইয়া যায়, কয়লা পুড়াইলে ইহাতে তাপ সৃষ্টি হয় এবং অবশেষ হিসাবে পড়িয়া থাকে সামান্য ছাই। একখণ্ড লোহা বা আয়রন আর্দ্র বাতাসে রাখিয়া দিলে ইহার গায়ে একটি বাদামী বর্ণের আস্তরণ পড়ে। আমাদের খাদ্য বিভিন্ন পরিবর্তনের মধ্য দিয়াই দেহাভ্যন্তরে রক্ত-মাংসের সৃষ্টি করিতেছে এবং বাঁচার উপযুক্ত শক্তির সঞ্চার করিতেছে। এইরূপে বিভিন্ন পদার্থের বিভিন্ন রকমের পরিবর্তন নিরন্তর ঘটে। কিন্তু কেন এই পরিবর্তন, কিভাবে এই পরিবর্তন সংঘটিত হয়, পদার্থের পরিবর্তনের ফলস্বরূপ কি নূতন পদার্থ গঠিত হয়, ইত্যাদি জানার আগ্রহ মানুষের স্বাভাবিক ধর্ম। সৃষ্টির আদিকাল হইতেই সে তাহার পরিচিত বিভিন্ন পদার্থ লইয়া আপন ক্ষমতানুযায়ী তাহাদের ভাঙ্গিয়াছে, বিশ্লেষণ করিয়াছে; আবার একাধিক পদার্থ সংযোজিত করিয়া নূতন পদার্থ সৃষ্টি করিতে চেষ্টা করিয়াছে এবং কালক্রমে পদার্থের গঠন ও পরিবর্তন সম্বন্ধে কতকগুলি নির্দিষ্ট প্রাকৃতিক নিয়মও লক্ষ্য করিয়াছে। পদার্থের বিভিন্ন পরিবর্তন সম্বন্ধে মানুষের সঠিক জানার ধারাবাহিক প্রচেষ্টার সাফল্যই আজিকার রসায়ন বিজ্ঞানের আকার নিয়াছে।

রসায়ন শাস্ত্রে জড় পদার্থের গঠন, গুণাবলী, প্রকৃতি বিশেষ করিয়া স্বতঃস্ফূর্তভাবে বা শক্তি প্রয়োগে পদার্থের বিভিন্ন পরিবর্তন এবং এক পদার্থের উপর অন্য পদার্থের ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়ার পর্যালোচনা করা হয়। স্বাভাবিক কারণেই পদার্থের প্রস্তুত প্রণালী ও ব্যবহার

এই শাস্ত্রের অন্তর্ভুক্ত। অধিকন্তু পদার্থের পরিবর্তনে শক্তির যে হ্রাসবৃদ্ধি হয় এবং যে সকল মূল সূত্র দ্বারা এই পরিবর্তনগুলি নিয়ন্ত্রিত হয় তাহাও রসায়ন শাস্ত্রের আলোচনার বিষয়।

রসায়ন শাস্ত্রের শ্রেণীবিভাগ : পঠন ও পাঠনের সুবিধা বিবেচনায় রসায়ন শাস্ত্রকে প্রধানতঃ তিন ভাগে ভাগ করা হইয়াছে। যথা (ক) অজৈব রসায়ন (Inorganic Chemistry) (খ) **জৈব রসায়ন** (Organic Chemistry) এবং (গ) **ভৌত রসায়ন** (Physical Chemistry)।

খনিজ পদার্থ, কার্বন ব্যতীত অন্যান্য মৌলিক পদার্থ এবং তাহাদের পরস্পরের সংযোগে গঠিত যৌগিক পদার্থের আলোচনাই অজৈব রসায়নের বিষয়বস্তু।

কার্বন ও তাহার বিভিন্ন যৌগের বৈজ্ঞানিক পর্যালোচনা পৃথকভাবে করা হয় জৈব রসায়নে। প্রাণিজ ও উদ্ভিজ্জ পদার্থ—অ্যালকোহল, পেট্রোলিয়াম, শর্করা, স্নেহজাত পদার্থ, প্রোটীন সমস্তই এই বিভাগের অন্তর্ভুক্ত।

ভৌত রসায়নে রসায়নশাস্ত্রের মূল সূত্রগুলি অর্থাৎ যে সকল সূত্র দ্বারা পদার্থের রাসায়নিক পরিবর্তনগুলি নিয়ন্ত্রিত, সেই সকল সূত্র আলোচনা করা হয়। তদুপরি রাসায়নিক বিক্রিয়ার উপর চাপ. তাপ, বিদ্যুৎশক্তি ইত্যাদির প্রভাবও ভৌত রসায়নের আলোচ্য বিষয়। প্রকৃতপক্ষে ভৌত রসায়ন রাসায়নিক পরিবর্তনকে সম্যক ও সম্পূর্ণভাবে বুঝিতে সাহায্য করে।

রসায়ন একটি পরীক্ষাসাপেক্ষ বিজ্ঞান : (Chemistry is an Experimental Science) : পরীক্ষার সাহায্যে বিজ্ঞানের চর্চাই বর্তমান কালের রীতি। রসায়ন শাস্ত্র বিজ্ঞানেরই একটি প্রধান ও উন্নত শাখা। বর্তমানে রসায়ন বিজ্ঞানীরা প্রকৃত পরীক্ষালব্ধ জ্ঞানের ভিত্তিতে রসায়নের প্রতিটি তথ্যকে ব্যাখ্যা করিয়া একটি পরীক্ষার সূক্ষ্ম ও সঠিক পর্যবেক্ষণের সহিত স্বীয় বিচারবুদ্ধি দ্বারা নূতনতর তথ্যের সন্ধানে ব্যস্ত আছেন। তাঁহারা মনে করেন, তত্ত্বগত আলোচনা তখনই পরিপূর্ণতা লাভ করে যখন ইহার সত্যতা প্রকৃত পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করা সম্ভব হয়। প্রকৃতপক্ষে 'পরীক্ষা—পর্যবেক্ষণ—সিদ্ধান্ত' ইহাই বর্তমান রসায়নচর্চার আসল কথা।

রসায়নচর্চার ইতিহাস পর্যালোচনা করিলে দেখা যায় যে পরীক্ষা ও পর্যবেক্ষণ দ্বারা সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়ার প্রচেষ্টার সূচনা হয় মাত্র সপ্তদশ শতকে আইরিশ বিজ্ঞানী **রবার্ট বয়েলের** সময় হইতে। পরবর্তী দশকে **ল্যাভয়সিয়ার, প্রিস্টলী, ক্যাভান্ডিস, শীলে** প্রভৃতি মনীষীরা বহু পরীক্ষা-সম্মত মতবাদ প্রচার করেন। বস্তুতঃ ঐ সময় হইতেই রসায়ন শাস্ত্র ধারাবাহিকভাবে উন্নতির পথে অগ্রসর হয়।

বর্তমানে রসায়নচর্চায় পরীক্ষা পদ্ধতির ক্রমোন্নতি, কেবল ইন্দ্রিয় ছাড়াও যন্ত্রসাহায্যে পর্যবেক্ষণ ইত্যাদি বিষয়ের ধারাবাহিক পর্যালোচনা এখানে সম্ভব নয়।

প্রাথমিক শিক্ষাথীর কাছে পরীক্ষা-নিরীক্ষা এবং পর্যবেক্ষণ যে কতকখানি অপরিহার্য অল্প পরিসরে তাহার আলোচনা করা হইল। রসায়ন—জড় পদার্থের পরিবর্তন সম্বন্ধে আলোচনার বিজ্ঞান। পরীক্ষা যেমন কোন পদার্থকে সনাক্ত করিতে, তাহার গঠন, ধর্ম সম্বন্ধে সম্যক জানিতে সাহায্য করে, তেমনি একটি পদার্থের পরিবর্তন সম্বন্ধে জানিয়া উহার সমধর্মী পদার্থের পরিবর্তন সম্বন্ধে পূর্ব-সিদ্ধান্তের ইঙ্গিত দেয়।

মনে করি, A এবং B দুইটি পদার্থের বিভিন্ন পরিবর্তন লক্ষ্য করিয়া উহাদের ধর্মে সাদৃশ্য (similarity) পাওয়া গেল। এখন যদি 'A' 'X' নামক একটি পদার্থের সহিত সংযোজিত হয়, তবে 'B' ও 'X' এর সহিত সংযোজনের প্রবণতা দেখাইতে পারে। এই ক্ষেত্রে প্রকৃত পরীক্ষার দ্বারা এই সিদ্ধান্তের সত্যতা যাচাই করিতে হয়। যদি ফল আশানু-

রূপ না হয়, তাহা হইলে কেন এই সংযোজন হইল না, তাহাও আলোচনার আর একটি দিক।

আমরা দৈনন্দিন জীবনে যে অজস্র বস্তুরাশির সংস্পর্শে আসি তাহাদের পরিচয় জানিতে হইলেও রসায়নাগারে পরীক্ষা নিরীক্ষার প্রয়োজন হয়। যদি একটি সাদা দানাদার পদার্থ চিনি কি লবণ জানিতে হয়, তাহা হইলে সাধারণতঃ উহাদের স্বাদ হইতেই সনাক্ত-করণ সম্ভব। কেননা, চিনি এবং লবণের স্বাদ ভিন্ন। কিন্তু উহাদের পরিচয় যদি সম্পূর্ণ অজ্ঞাত থাকে, তবে তাহাদিগকে চিনিতে রাসায়নিক পদ্ধতির ব্যবহার ছাড়া উপায় নাই। সেই সকল পদ্ধতির প্রয়োগ করিতে পদার্থ দুইটির প্রকৃত গঠন, অন্য পদার্থের উপর ক্রিয়া-বিক্রিয়া প্রভৃতির সাহায্য লইতে হইবে।

পদার্থের পরিবর্তন—ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তন (Changes of matter—Physical and Chemical changes) : পদার্থের পরিবর্তন দুই প্রকারের—ভৌত ও রাসায়নিক।

যে পরিবর্তনে পদার্থের অভ্যন্তরীণ গঠনের কোন পরিবর্তন হয় না অর্থাৎ যে পরি-বর্তনে কোন পদার্থ অপর কোন নূতন পদার্থে পরিবর্তিত হয় না, তাহাকে **ভৌত বা অবস্থাগত পরিবর্তন** বলা হয়। ভৌত পরিবর্তনে পদার্থের বাহ্যিক চরিত্র পাল্টায় মাত্র। অপর পক্ষে যে পরিবর্তনে পদার্থের অভ্যন্তরীণ গঠনের পরিবর্তন হয়, যে পরিবর্তনে কোন পদার্থ স্থায়ীভাবে সম্পূর্ণ ভিন্ন ধর্মবিশিষ্ট অন্য নূতন পদার্থে রূপান্তরিত হয়, তাহা **রাসায়নিক পরিবর্তন**।

জলকে উত্তপ্ত করিলে উহা বাষ্পাকারে উবিয়া যায়। আবার জলে অ্যাসিড মিশাইয়া ইহাতে বিদ্যুৎ প্রবাহিত করিলেও ইহা গ্যাসীয় পদার্থে পরিণত হইয়া অদৃশ্য হয়। জলের এই পরিবর্তন দুইটি কিন্তু এক পর্যায়ের নয়। প্রথমটি ভৌত ও দ্বিতীয়টি রাসায়নিক। জলকে উত্তাপ প্রয়োগে বাষ্পে পরিণত করাতে ইহার অভ্যন্তরীণ গঠনের কোন পরিবর্তন হয় না; কেন না উৎপন্ন বাষ্পকে শীতল করিলেই উহা পুনরায় জলে পরিণত হয়। জল ও জলীয় বাষ্পের মূল ধর্ম অভিন্ন। এই পরিবর্তনে জলের আয়তন, ঘনত্ব, স্বচ্ছতা ইত্যাদি ভৌত অবস্থার পরিবর্তন হয় মাত্র। ভৌত পরিবর্তন অস্থায়ী এবং সহজ উপায়ে পদার্থকে পূর্ব অবস্থায় ফিরাইয়া আনা যায়। পক্ষান্তরে, বিদ্যুৎ প্রবাহ জলকে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাসে পরিণত করে। এই গ্যাস দুইটির ধর্ম জলের ধর্ম হইতে সম্পূর্ণ আলাদা। আবার, এই দুইটি গ্যাস উপযুক্ত ব্যবস্থা দ্বারা সংগ্রহ করিয়া যদি ঠাণ্ডা করা হয়, তাহা হইলে ইহারা কখনও পুনরায় জল উৎপন্ন করে না। সুতরাং বিদ্যুৎ প্রবাহ দ্বারা জলের যে পরিবর্তন ঘটে, তাহা রাসায়নিক। ইহাতে একটি পদার্থ স্থায়ী ভাবে ভিন্নধর্মী দুইটি পৃথক পদার্থে পরিণত হইয়াছে।

একটি প্লাটিনাম তারকে বুনসেন দীপ শিখায় ধরিলে উহা প্রথমে লাল হয় এবং পরে ভাস্বর হইয়া আলো বিকিরণ করে; কিন্তু তারটি ঠাণ্ডা করিলে সহজেই উহা পূর্বাবস্থায় ফিরিয়া আসে। ইহা ভৌত পরিবর্তনের উদাহরণ। কিন্তু একখণ্ড কপারের তারকে একই ভাবে বুনসেন দীপ শিখায় উত্তপ্ত করিলে প্রথমে ইহা কিছুক্ষণ নীলাভ শিখায় জ্বলে, পরে নীল বর্ণ আর দেখা যায় না। তারটি ঠাণ্ডা করিলে দেখা যায়, উহা কালো হইয়া গিয়াছে। প্রকৃতপক্ষে বাতাসের অক্সিজেনের সহিত উত্তপ্ত ধাতব কপার সংযুক্ত হইয়া সম্পূর্ণ নূতন একটি পদার্থে পরিণত হয়। ইহা রাসায়নিক পরিবর্তন।

প্রসঙ্গতঃ বলা দরকার, ভৌত পরিবর্তনে তাপের পরিবর্তন হইতে পারে আবার নাও পারে। কিন্তু তাপের বিনিময় রাসায়নিক পরিবর্তনের একটি প্রধান বৈশিষ্ট্য। প্রতিটি রাসায়নিক পরিবর্তনই তাপমোচন বা তাপগ্রহণ সহ ঘটে।

পদার্থের শ্রেণী বিভাগ—মৌলিক ও যৌগিক পদার্থ (Classification of matter

—Elements and Compounds) : আমরা প্রাত্যহিক জীবনে যে অসংখ্য পদার্থের সংস্পর্শে আসি তাহাদের প্রত্যেকটি বিশুদ্ধ নহে। রাসায়নিক অর্থে বিশুদ্ধ পদার্থ বলিতে যে সকল পদার্থ একটিমাত্র উপাদানে গঠিত তাহাদের বুঝায়। একাধিক বিশুদ্ধ পদার্থের মিশ্রণ হইলেই ইহাকে আর বিশুদ্ধ পদার্থ বলা চলে না।

বিশুদ্ধ পদার্থ মাত্রই সমসত্ত্ব। যে সকল পদার্থের সকল অংশের ধর্ম ও উপাদানের অনুপাত একই তাহারা **সমসত্ত্ব** (homogeneous) পদার্থ। যেমন—চিনি, জল, খাদ্য-লবণ ইত্যাদি। অবিশুদ্ধ পদার্থ সাধারণভাবে অসমসত্ত্ব দেখা যায়। যে সকল পদার্থের বিভিন্ন অংশের ধর্ম ও উপাদানের অনুপাত বিভিন্ন তাহারা **অসমসত্ত্ব** (heterogeneous) পদার্থ। যেমন—যে কোন অনুপাতে চিনি ও বালির মিশ্রণ। ইহা মনে রাখা দরকার, পদার্থ সমসত্ত্ব হইলেই যে বিশুদ্ধ হইবে তাহার কোন নিশ্চয়তা নাই। চিনি জলে দিলে যে জলীয় দ্রবণ তৈরী হয়, তাহা সমসত্ত্ব; উহার সকল অংশের ধর্ম অভিন্ন। আবার দুধ জল, স্নেহদ্রব্য, শর্করা ও প্রোটিন জাতীয় পদার্থের সংমিশ্রণে উৎপন্ন হইলেও সমসত্ত্ব। এক গ্লাস দুধের যে কোন অংশ লইয়া পরীক্ষা করিলে দেখা যায়, উহাতে দুধের ধর্ম ও উপাদানের অনুপাত একই। কিন্তু চিনির জল বা দুধ কখনই বিশুদ্ধ পদার্থ নহে। অভ্যন্তরীণ গঠন বিচার করিয়া বিশুদ্ধ পদার্থগুলিকে মৌলিক ও যৌগিক এই দুই শ্রেণীতে ভাগ করা হইয়াছে।

মৌলিক পদার্থ (Elements) : **যে সকল পদার্থ হইতে রাসায়নিক বিশ্লেষণের ফলে উহা ব্যতীত পৃথক ধর্মবিশিষ্ট অন্য কোন পদার্থ পাওয়া যায় না, তাহাদিগকে মৌল বা মৌলিক পদার্থ বলে।**

হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, সালফার, কার্বন, সোডিয়াম, আয়রন প্রভৃতি মৌলিক পদার্থের উদাহরণ। কারণ এই সকল পদার্থ বিশ্লেষণ করিলে এই সকল পদার্থ ভিন্ন অন্য কোন পদার্থ পাওয়া যায় না। কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় তিন রকমের মৌলিক পদার্থই জানা আছে। পৃথিবীতে সাধারণ মৌলিক পদার্থের সংখ্যা 92টি। তবে বর্তমান কালে বিজ্ঞানীরা আরও কয়েকটি মৌলের সন্ধান পাইয়াছেন। ইহারা সাধারণ মৌলের পর্যায়ভুক্ত নয়। তেজস্ক্রিয় রশ্মি (radio active rays) বিকিরণের ফলে কৃত্রিম উপায়ে ঐ সকল মৌলিক পদার্থ উদ্ভূত হয়। ইহারা প্রকৃতিতে অবস্থান করে না। ইহাদিগকে ইউরেনিয়াম-উত্তর মৌল (trans-Uranic elements) বলা হয়।

কতকগুলি ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের ভিত্তিতে মৌলগুলি আবার দুইটি শ্রেণীতে বিভক্ত। যথা, **ধাতু** (metals) এবং **অধাতু** (non-metals)। গোল্ড, আয়রন, সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম প্রভৃতি ধাতু বা ধাতব পদার্থ। ধাতুগুলি তাপ ও তড়িতের সুপরিবাহী। ইহাদের নিজস্ব দ্যুতি (metallic lustre) আছে। সাধারণ ভাবে ধাতুগুলি কঠিন ও ভারী। ব্যতিক্রম হিসাবে বলা যায় মার্কারী বা পারদ ধাতু হইলেও তরল; সোডিয়াম, পটাসিয়াম ধাতু হইলেও জল অপেক্ষা হাল্‌কা। ইহা ছাড়া উহাদের প্রসার্যতা (ductility) এবং অধিকতর ঘাতসহতা (malleability) প্রভৃতি বিশেষ ধর্ম দেখা যায়। ধাতুগুলি সাধারণভাবে উচ্চ গলনাঙ্কবিশিষ্ট পদার্থ।

অন্যদিকে হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন, কার্বন, সালফার, ফসফরাস ইত্যাদি অধাতু বা অধাতব পদার্থ। অধাতুর নিজস্ব দ্যুতি নাই (অবশ্য আয়োডিন অধাতু হইলেও উহার দ্যুতি আছে)। অধাতু তাপ ও তড়িৎ বহনে অক্ষম। ইহারা কঠিন, তরল এবং গ্যাসীয় তিন প্রকারের হইতে পারে। সাধারণ ভাবে অধাতু হাল্‌কা, নিম্ন গলনাঙ্কবিশিষ্ট পদার্থ। তবে কার্বন, সিলিকন, বোরন উচ্চ গলনাঙ্কবিশিষ্ট অধাতু। অধাতুর প্রসার্যতা, ঘাতসহতা ইত্যাদি ধর্ম দেখা যায় না। এখানে বর্ণিত ধর্ম হইতে ধাতু ও অধাতুর পার্থক্য সম্পূর্ণ-

ভাবে জানা যায় না। অন্য আরও কি কি মূলগত ধর্মের সাহায্যে ধাতু এবং অধাতু চেনা যায়, তাহা যথাস্থানে আলোচনা করা হইবে।

আবার কতকগুলি মৌল আছে যাহারা ধাতু এবং অধাতু উভয়ের মাঝামাঝি গুণসম্পন্ন এবং উহাদের মধ্যে ধাতু ও অধাতু উভয় শ্রেণীরই কিছু কিছু ধর্ম বিদ্যমান। ইহাদিগকে বলা হয় ধাতুকল্প (metalloid)। উদাহরণ—আর্সেনিক, অ্যান্টিমনি ইত্যাদি।

যৌগিক পদার্থ (Compounds) : যে সকল পদার্থ হইতে রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় দুই বা ততোধিক পৃথক ধর্মবিশিষ্ট সরলতর পদার্থ পাওয়া যায়, তাহাদিগকে যৌগ বা যৌগিক পদার্থ বলে। অন্য কথায়, **একাধিক মৌলিক পদার্থ নির্দিষ্ট ওজন অনুপাতে রাসায়নিক ভাবে সংযোজিত হইয়া যে পদার্থ উৎপন্ন করে এবং যাহার ধর্ম গঠনকারী পদার্থ হইতে সম্পূর্ণ ভিন্ন হয় তাহাই যৌগিক পদার্থ।** যৌগিক পদার্থের উপাদানগুলিকে সহজ উপায়ে পৃথক করা যায় না। কেবলমাত্র রাসায়নিক বিশ্লেষণ দ্বারাই ইহা হইতে একাধিক সরল পদার্থ পাওয়া যাইতে পারে।

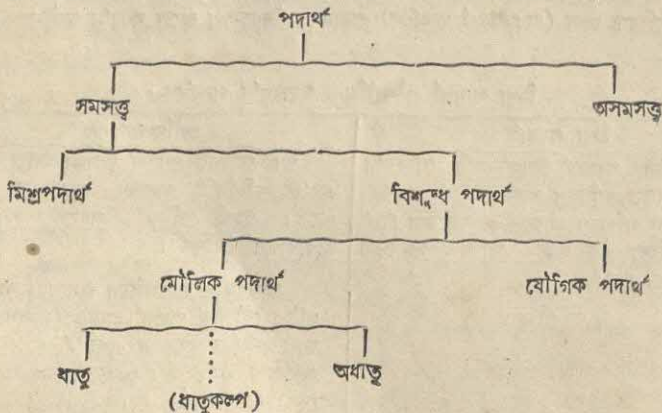
জল একটি যৌগিক পদার্থ। পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে, জলে সামান্য অ্যাসিড মিশাইয়া তড়িৎ প্রবাহ চালাইলে উহা হইতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন দুইটি মৌলিক গ্যাস উৎপন্ন হয়। দেখা যায়, জলের ধর্ম হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন উভয় গ্যাসের ধর্ম হইতে সম্পূর্ণ ভিন্ন। আবার উপযুক্ত পরিমাণ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাস মিশ্রণে তড়িৎ স্ফুলিঙ্গ পাঠাইলে জলের সৃষ্টি হয়। রাসায়নিক বিশ্লেষণ দ্বারা দেখা গিয়াছে জলে সর্বদাই 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন ও 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন বর্তমান। চিনি হইল কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন এই তিনটি মৌলের সমবায়ে গঠিত একটি যৌগ। এইভাবে বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের রাসায়নিক সংযোগে গণনাতীত যৌগের সৃষ্টি হইয়াছে এবং হইতেছে।

মিশ্র পদার্থ বা সাধারণ মিশ্রণ (Mechanical mixture) : একাধিক পদার্থ (মৌলিক বা যৌগিক) যে কোন পরিমাণে মিশাইয়া যদি এরূপ একটি পদার্থ পাওয়া যায় যাহাতে মিশ্রিত পদার্থগুলির নিজ নিজ ধর্ম, চরিত্র অপরিবর্তিত থাকে এবং যাহার উপাদানগুলি সহজ প্রণালীতে পৃথক করা যায়, তখন ঐ পদার্থকে বলা হয় মিশ্র পদার্থ বা মিশ্রণ। যেমন, বাতাস প্রধানতঃ নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন এই দুই গ্যাসীয় মৌলিক পদার্থের মিশ্রণ। অবশ্য ইহাতে আরও কয়েকটি গ্যাসীয় পদার্থ স্বল্প পরিমাণে থাকে। বারুদ হইল নাইটার, সালফার এবং কাঠকয়লা এই তিনটি কঠিন পদার্থের মিশ্রণ। চিনি বা খাদ্যলবণ জলে মিশাইলে যে দ্রবণ পাওয়া যায় তাহা কঠিন ও তরল পদার্থের মিশ্রণ মাত্র। বাতান্বিত জল (aerated water) প্রধানতঃ উচ্চচাপে জলে কার্বন ডাই-অক্সাইডের দ্রবণ।

মিশ্র পদার্থ ও যৌগিক পদার্থের পার্থক্য ঃ

মিশ্র পদার্থ	যৌগিক পদার্থ
১। মিশ্র পদার্থে উপাদানগুলি **যে কোন ওজন অনুপাতে** থাকিতে পারে। যে কোন পরিমাণ আয়রন ও সালফার চূর্ণ মিশ্রিত করিয়া এই দুই মৌলিক পদার্থের মিশ্রণ পাওয়া যায়।	১। যৌগিক পদার্থে উপাদানগুলি সর্বদাই একটি **সুনির্দিষ্ট ওজনের** অনুপাতে সংযুক্ত থাকে। ইহাই যৌগিক পদার্থের সর্বাপেক্ষা গুরুত্বপূর্ণ বৈশিষ্ট্য। আয়রন ও সালফারের রাসায়নিক সংযোগে গঠিত যৌগিক পদার্থ আয়রন সালফাইডে 7 ভাগ ওজনের আয়রন এবং 4 ভাগ ওজনের সালফার থাকিবেই। এই ওজন অনুপাতের কোন ব্যতিক্রম হয় না।

মিশ্র পদার্থ	যৌগিক পদার্থ
২। মিশ্র পদার্থে উপাদানগুলির স্ব স্ব ধর্ম বজায় থাকে, কোন নূতন ধর্মবিশিষ্ট পদার্থের সৃষ্টি হয় না অর্থাৎ মিশ্র পদার্থে উপাদানগুলি পাশাপাশি অবস্থান করে মাত্র। আয়রন ও সালফার চূর্ণের মিশ্রণের উপর চুম্বক ধরিলে আয়রন চূর্ণ চুম্বক কর্তৃক আকৃষ্ট হয় অথবা এই মিশ্রণে লঘু অ্যাসিড দিলে উহা আয়রনের সহিত ক্রিয়া করিয়া গন্ধহীন, দাহ্য হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত করে। আবার এই মিশ্রণে কার্বন ডাই-সালফাইড নামক তরল যোগ করিলে সালফার দ্রবীভূত হইয়া যায়।	২। যৌগিক পদার্থে উপাদানগুলির স্ব স্ব ধর্ম সম্পূর্ণ বিলুপ্ত হইয়া সম্পূর্ণ নূতন ধর্মবিশিষ্ট পদার্থের সৃষ্টি হয়। আয়রন ও সালফারের সংযোগে গঠিত যৌগিক পদার্থ আয়রন সালফাইড চুম্বক কর্তৃক আকৃষ্ট হয় না। ইহার কোন অংশ কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত হয় না। ইহাতে লঘু অ্যাসিড মিশাইলে পচাডিমের গন্ধযুক্ত, বর্ণহীন, হাইড্রোজেন সালফাইড নামক গ্যাস উৎপন্ন হয়। ইহাতেই প্রমাণিত হয় আয়রন সালফাইডে আয়রন বা সালফার কোনটির নিজস্ব ধর্ম বজায় থাকে না। ইহার ধর্ম উপাদানগুলির ধর্ম হইতে সম্পূর্ণ আলাদা।
৩। মিশ্র পদার্থের উপাদানগুলি সহজ ও স্থূল উপায়ে পৃথক করা সম্ভব। আয়রন ও সালফারের মিশ্রণ হইতে চুম্বক দ্বারা আয়রনকে বা কার্বন ডাই-সালফাইড দ্বারা দ্রবীভূত করিয়া সালফারকে পৃথক করা সহজ।	৩। যৌগিক পদার্থের উপাদানগুলি সহজ ও স্থূল উপায়ে পৃথক করা যায় না। আয়রন সালফাইডের আয়রন কিংবা সালফারকে এইরূপ কোন সহজ পদ্ধতিতে পৃথক করা যায় না।
৪। মিশ্র পদার্থ প্রস্তুতি কালে সাধারণতঃ তাপের তারতম্য হয় না। অবশ্য কোন কোন দ্রবণ প্রস্তুত করিতে তাপের পরিবর্তন হয়। আয়রন ও সালফার চূর্ণের মিশ্রণ প্রস্তুতিতে তাপের বিনিময় হয় না।	৪। যৌগিক পদার্থ প্রস্তুতিকালে তাপের তারতম্য (তাপের উদ্ভব বা শোষণ) হইবেই। আয়রন সালফাইড গঠনে প্রচুর তাপের উদ্ভব হয়।
৫। মিশ্র পদার্থ সাধারণতঃ অসমসত্ত্ব, ক্ষেত্র বিশেষে সমসত্ত্বও হয়। আয়রন ও সালফার চূর্ণের মিশ্রণ লেন্স দ্বারা পরীক্ষা করিলে দেখা যায় ইহার সকল অংশের উপাদানগুলির পরিমাণ এক নহে।	৫। যৌগিক পদার্থ সর্বদাই সমসত্ত্ব। আয়রন সালফাইডের বিভিন্ন অংশের গঠন ও ধর্ম একই অর্থাৎ ইহা সমসত্ত্ব।
৬। মিশ্র পদার্থের কোন নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক বা স্ফুটনাঙ্ক থাকে না। উহা মিশ্রণের উপাদানগুলির অনুপাতের উপর নির্ভরশীল।	৬। যৌগিক পদার্থের নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক বা স্ফুটনাঙ্ক থাকে।

পদার্থের শ্রেণীবিভাগ নিম্নের সারণীর আকারে প্রকাশ করা যায়।

দ্রষ্টব্য : ইতিপূর্বে উল্লেখ করা হইয়াছে, যৌগিক পদার্থ গঠন কালে তাপের বিনিময় হয়। বস্তুতঃ যে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কিছু তাপ গ্রহণ বা মোচন হইবেই।

যে সকল রাসায়নিক বিক্রিয়ায় তাপ মোচন বা তাপের উদ্ভব হয় তাহাকে **তাপমোচী বিক্রিয়া** (exothermic reaction) বলে। যেমন, কার্বন ও অক্সিজেনের বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড গঠিত হয়। এই রাসায়নিক সংযোজনকালে দেখা যায় 94000 Cal. তাপ উদ্ভূত হয়। আবার নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের সংযুক্তিতে অ্যামোনিয়া গঠন কালে তাপমোচন হয় 22,000 Cal.। চুনে জল দিলে যখন উহা কলিচুনে পরিণত হয়, তখন প্রচুর তাপের সৃষ্টি হয়।

যে সকল যৌগিক পদার্থ উহাদের উপাদান মৌল হইতে তাপ মোচন করিয়া সৃষ্ট হয়, তাহাদের বলা হয় **তাপমোচী যৌগ** (exothermic compounds)। কার্বন ডাই-অক্সাইড, অ্যামোনিয়া, জল ইত্যাদি তাপমোচী যৌগের উদাহরণ। আবার যে সকল রাসায়নিক বিক্রিয়ায় তাপ গ্রহণ বা শোষণ হয় তাহাকে **তাপগ্রাহী বিক্রিয়া** (endothermic reaction) বলে।

যেমন, কার্বন ও সালফারের রাসায়নিক মিলনে কার্বন ডাই-সালফাইড উৎপত্তি কালে 28,000 Cal. নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের সংযুক্তিতে নাইট্রিক অক্সাইড গঠন কালে 43,000 Cal. তাপ শোষিত হয়।

যে সকল যৌগিক পদার্থ উহাদের মৌল হইতে তাপ গ্রহণ করিয়া সৃষ্ট হয় তাহারা **তাপগ্রাহী যৌগ** (endothermic compounds)। কার্বন ডাই-সালফাইড, নাইট্রিক অক্সাইড ইত্যাদি এই শ্রেণীভুক্ত।

দ্রবণ একটি মিশ্র পদার্থ : দ্রবণ একটি মিশ্র পদার্থ। অবশ্য দ্রবণে যৌগিক পদার্থের কয়েকটি বিশেষত্ব লক্ষ্য করা যায়।

(১) দ্রবণ সমসত্ত্ব হয় অর্থাৎ দ্রবণের প্রতি অংশের ধর্ম ও গঠন একই। এক গ্লাস চিনির জলের প্রতি ফোঁটাই সমান মিষ্টি।

(২) কোন কোন ক্ষেত্রে দ্রবণ প্রস্তুতি কালে তাপের তারতম্য ঘটে। যেমন, সালফিউরিক অ্যাসিড বা কষ্টিক সোডার দ্রবণ প্রস্তুতি কালে তাপের উদ্ভব হয়। পক্ষান্তরে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড জলের সহিত দ্রবণ প্রস্তুতিকালে তাপ শোষণ করে। যৌগিক পদার্থের এই সকল ধর্ম বর্তমান থাকা সত্ত্বেও দ্রবণকে মিশ্র পদার্থ হিসাবেই গণ্য করা হয়। কারণ, (ক) দ্রবণের উপাদানগুলি (দ্রাব ও দ্রাবক) কোন নূতন পদার্থ সৃষ্টি করে না এবং দ্রবণে উহাদের নিজ নিজ ধর্ম অক্ষুণ্ণ থাকে। যথা, চিনির জলীয় দ্রবণে চিনি ও জল উভয় উপাদানের ধর্মই বিদ্যমান। (খ) দ্রবণের উপাদানগুলিকে বাষ্পীভবন, পাতন, কেলাসন প্রভৃতি সহজ ভৌত প্রণালীতে পৃথকীকরণ সম্ভব। (গ) দ্রবণের উপাদানের পরিমাণ একটি নির্দিষ্ট সীমা পর্যন্ত পরিবর্তিত করা যায়। যৌগিক পদার্থের ক্ষেত্রে ইহা অসম্ভব।

মিশ্রণের উপাদানগুলি পৃথক করিতে এবং বিশুদ্ধ পদার্থ প্রস্তুত করিতে ল্যাবরেটরীতে পরিস্রাবণ, পাতন, ঊর্ধ্বপাতন, কেলাসন প্রভৃতি কতকগুলি সাধারণ প্রণালীর সাহায্য লওয়া হয়। এই সকল পদ্ধতি সম্পর্কে প্রাথমিক জ্ঞান ছাত্রদের থাকার কথা। এই বিষয়ের আলোচনা ও প্রয়োগ **ব্যবহারিক রসায়নের** (Practical chemistry) পাঠ্যসূচীর অন্তর্ভুক্ত করা হইয়াছে। যে সকল স্থানে বিশেষ কোন পদ্ধতির প্রয়োগ করিতে হইবে সেখানে প্রয়োজনমত তাহা আলোচনা করা হইবে।

দ্বিতীয় অধ্যায়

রাসায়নিক সংযোগ সূত্রাবলী : ডালটনের পরমাণুবাদ

(Laws of Chemical Combinations : Dalton's Atomic Theory)

Syllabus : Laws of Chemical combinations—Dalton's Atomic Theory (critical study). Gay Lussac's law. Atomic weight (definition).

বিজ্ঞানের বিষয়বস্তু আলোচনাকালে ঘটনা (fact), সূত্র (law), প্রকল্প (hypothesis) এবং তত্ত্ব বা বাদ (theory) শব্দ চারিটি সর্বদা ব্যবহৃত হয়। সুতরাং এই শব্দ চারিটির অর্থ পরিষ্কার ভাবে বোঝা উচিত।

ঘটনা : ঘটনা বলিতে এমন সব কার্য বা ক্রিয়া বুঝায় যাহা স্বভাবতই একই রকমে বা একইভাবে হয়। ইহার ব্যতিক্রম কদাচ দৃষ্ট হয় না। যেমন, জলকে ঠান্ডা করিলে ইহা জমিয়া বরফে পরিণত হয়, আবার উত্তপ্ত করিলে বাষ্পীভূত হইয়া যায়। কয়লা বায়ুতে জ্বলে কিন্তু কেরোসিন বা পেট্রোল মাখানো কয়লার প্রজ্বলন আরও দ্রুত ও তীব্রতার সহিত হয়। ফল গাছ হইতে মাটিতে পড়ে, কখনও উপর দিকে যায় না। এই সমস্তই ঘটনার উদাহরণ। ঘটনাসমূহ ইন্দ্রিয় দ্বারা দৃষ্ট বা অনুভূত হয়, আবার প্রকৃত পরীক্ষা ও পর্যবেক্ষণ দ্বারা প্রমাণ করা যায়। প্রকৃতপক্ষে ঘটনার ব্যাখ্যা করাই বিজ্ঞানের মূল উদ্দেশ্য।

সূত্র : ঘটনার উপর বিভিন্নভাবে বাস্তব পরীক্ষা করিয়া উহার পর্যবেক্ষণ হইতে বিজ্ঞানীগণ কতকগুলি সাধারণ সিদ্ধান্তে উপনীত হন। পরীক্ষালব্ধ ফলগুলির সাধারণ বিবরণ সংক্ষিপ্ত ও শুদ্ধভাবে প্রকাশিত করিলেই ইহা সূত্র বা নিয়ম হয়। এক কথায় বৈজ্ঞানিক সূত্রের ভিত্তি হইল ঘটনা সম্বন্ধে বাস্তব পরীক্ষা ও পর্যবেক্ষণ।

যেমন, স্থির তাপমাত্রায় যে কোন গ্যাসের উপর চাপ বাড়াইলে উহা আয়তনে কমে। এই ঘটনার উপর যে সাধারণ সিদ্ধান্ত তাহাই বয়েলের সূত্র। গাছ হইতে ফলের মাটিতে পতন—এই ঘটনা হইতেই মহাবিজ্ঞানী নিউটনের মহাকর্ষ সূত্র। সূত্র একই শ্রেণীর সমস্ত তথ্যের ব্যাখ্যা করিতে পারে, যদি কালক্রমে ইহার ব্যতিক্রম দেখা যায়, তখন সূত্রকে বাতিল করিতে হয় অথবা ইহার উপযুক্ত সংশোধন প্রয়োজন হয়।

প্রকল্প : বিভিন্ন সূত্রের ব্যাখ্যা ও সমন্বয়ের প্রয়োজনে বাস্তব পরীক্ষা ছাড়া কল্পনা বা যুক্তিগ্রাহ্য অনুমানের আশ্রয় লইলে উহা হয় 'প্রকল্প'। প্রকল্প কল্পনা বা ধারণা মাত্র এবং উহার উপর ভিত্তি করিয়া বাস্তব ঘটনাগুলির ব্যাখ্যা করার জন্য নূতন নূতন পরিকল্পনা করা হয়।

বাদ বা তত্ত্ব : যখন কোন প্রকল্প বহু বাস্তব ঘটনা বা তথ্যের ব্যাখ্যা করিতে পারে তখন উহা হয় 'বাদ' বা 'তত্ত্ব'।

'প্রকল্প' বা 'বাদ' দুই-ই কল্পনা প্রসূত। বাদের সিদ্ধান্তগুলি প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষ ভাবে পরীক্ষা বা পর্যবেক্ষণ সাহায্যে যাচাই করা হয়। বিজ্ঞানের নূতন নূতন আবিষ্কার যখন বাদের দ্বারা ব্যাখ্যা করা যায় না, তখন ইহা অচল হইয়া পড়ে বা সংশোধিত হয়।

রাসায়নিক সংযোগ সূত্র সমূহ : বিভিন্ন পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত হইয়াছে দুই বা ততোধিক পদার্থের রাসায়নিক সংযোগকালে পদার্থগুলি খেয়ালখুশীমত যে কোন অনুপাতে মিলিত হয় না, পরন্তু রাসায়নিক সংযোগ মাত্রেই কতকগুলি নির্দিষ্ট নিয়ম মানিয়া চলে। এই সমস্ত নিয়মকেই রাসায়নিক সংযোগসূত্র বলা হয়।

চিত্র ১ (১)—ল্যাভয়সিয়ার

পাঁচটি সূত্র দ্বারা সমস্ত রাসায়নিক সংযোগ নিয়ন্ত্রিত। (১) ভরের নিত্যতা সূত্র বা বস্তুর অবিনাশিতা সূত্র (law of (conservation of mass or law of indestructibility of matter)—**ল্যাভয়সিয়ার** (1774). (২) স্থিরানুপাত সূত্র (law of constant or definite proportions) —**প্রাউস্ট** (1799) (৩) গুণানুপাতসূত্র (law of multiple proportions) **ডালটন** (1803) (৪) মিথোনুপাত সূত্র (law of reciprocal proportions)—**রিক্টার** (1792) (৫) গ্যাসায়তন সূত্র (law of gaseous volumes) —**গে-লুসাক** (1808).

প্রথম চারিটি সূত্র পদার্থের ওজনের সহিত সম্পর্কযুক্ত। সেইজন্য ঐ সূত্রগুলিকে তৌলিক বা ওজনাত্মক সূত্র (Stoichiometric laws) বলা হয়। পঞ্চম সূত্রটি পদার্থের আয়তন সম্পর্কিত।

ভরের নিত্যতা সূত্র বা পদার্থের অবিনাশিতা সূত্র : (law of conservation of mass or law of indestructibility of matter) : ইহা জড় বিজ্ঞানের একটি মূল সূত্র। প্রকৃতিতে নিয়তই বস্তুর সংখ্যাতীত পরিবর্তন হইতেছে; কিন্তু এই পরিবর্তনের ফলে মোট পরিমাণের কোন ক্ষয় বা বৃদ্ধি হইতেছে না, ইহা ঠিকই আছে। এই সত্যকে ল্যাভয়সিয়ার যুক্তি এবং বিভিন্ন বিক্রিয়ার পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করেন এবং এই মর্মে যে সূত্র দেন তাহা এইরূপ—**কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার পূর্বে ও পরে ইহাতে অংশগ্রহণকারী (বিক্রিয়ক) পদার্থের মোট ভর (বা ওজন) বিক্রিয়াজাত পদার্থের মোট ভরের সমান হইবেই। রাসায়নিক পরিবর্তনে পদার্থ ভিন্ন ধর্মবিশিষ্ট অন্য পদার্থে রূপান্তরিত হয় মাত্র।**

অবস্থাগত পরিবর্তনেও জড় পদার্থের রূপ বদলায়; কিন্তু মূল পদার্থের সামগ্রিক পরিমাণ একই থাকে। এক কথায়, **জড়পদার্থ অবিনশ্বর, কোন প্রক্রিয়া দ্বারাই উহার সৃষ্টি বা ধ্বংস হয় না।**

মনে করি, **ক** ও **খ** নামে দুইটি পদার্থের রাসায়নিক সংযোগে **গ** ও **ঘ** নামক দুইটি পদার্থ উৎপন্ন হয়। তাহা হইলে দেখা যাইবে বিক্রিয়ার পূর্বে (ক+খ) এর ওজন= বিক্রিয়ার পর উৎপন্ন (গ+ঘ) এর ওজন।

আমরা জানি, আয়রন এবং সালফার উত্তপ্ত করিলে রাসায়নিক মিলন ঘটে এবং ফেরাস সালফাইড যৌগ গঠিত হয়। এখন X গ্রাম আয়রন এর সহিত Y গ্রাম সালফারের মিলনে যদি Z গ্রাম ওজনের ফেরাস সালফাইড উৎপন্ন হয়, তাহা হইলে, $X+Y=Z$. আবার, যখন একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ (p গ্রাম) মারকিউরিক অক্সাইড উত্তাপ প্রয়োগে বিযোজিত হইয়া m গ্রাম মারকারি এবং n গ্রাম ওজনের অক্সিজেন দেয়, তখন $p=m+n$.

আপাতদৃষ্টিতে অনেক রাসায়নিক (এবং অবস্থাগত) পরিবর্তনে ভরের নিত্যতা সূত্রের বিপরীত ব্যাপার দৃষ্ট হয়। যখন একটি মোমবাতি জ্বলিতে থাকে, তখন স্পষ্টতই ইহা ক্ষয় প্রাপ্ত হইতে হইতে শেষ পর্যন্ত কিছুই অবশিষ্ট থাকে না। তরল কেরোসিন বা স্পিরিট জ্বালাইলে কোন অবশেষ পড়িয়া থাকে না। একখণ্ড সালফার বা কয়লা পুড়াইলে উহারা ক্রমে ক্রমে কোথায় বিলীন হইয়া যায়। কয়লার ক্ষেত্রে যে সামান্য ছাই পড়িয়া থাকে তাহার ওজন প্রথমে গৃহীত কয়লা খণ্ডের ওজনের অপেক্ষা অনেক কম। জলকে ফুটাইলে উহা অদৃশ্য হইয়া যায়। একখণ্ড কর্পূর একটি প্লেটে খোলা অবস্থায় রাখিলে ক্রমে দেখা যায় বস্তুটি আয়তনে ছোট হইয়া ওজনে কমিতেছে। সুতরাং স্বাভাবিকভাবেই মনে হইতে পারে, এই সব ঘটনায় পদার্থ ধ্বংস হইতেছে। আবার ইহার বিপরীত ব্যাপারও আমাদের নজরে আসে। ওজন জানা আছে এইরূপ এক টুকরা ম্যাগনেসিয়াম একটি পোর্সেলিন বেসিনে রাখিয়া জ্বালাইলে উজ্জ্বল আলো বিকিরণ সহ জ্বলিতে থাকে এবং অবশেষে একটি সাদা ভস্মে পরিণত হয়। এই ভস্মের ওজন গৃহীত ম্যাগনেসিয়াম টুকরার ওজন হইতে বেশী। একখণ্ড আয়রনকে ওজন করিয়া কয়েক দিন আর্দ্রবায়ুতে রাখার পর দেখা যায় উহার ওজন বৃদ্ধি পাইয়াছে। এই সব ঘটনায় মনে হওয়া সম্ভব যে, কোন নূতন জড় পদার্থের সৃষ্টিই এই ওজন বৃদ্ধির কারণ।

কিন্তু রাসায়নিক পরিবর্তনের (অবস্থাগত সহ) মূল কারণগুলি ব্যাখ্যা করিলেই দেখা যাইবে, স্থূল দৃষ্টিতে যাহাকে আমরা পদার্থের সৃষ্টি বা লয় মনে করি তাহা পদার্থের রূপান্তর ছাড়া কিছুই নয়। কোন পরিবর্তনই পদার্থের নিত্যতা সূত্রের বিরুদ্ধাচরণ করে না। যেমন,

(ক) মোমবাতি, কেরোসিন তেল, পেট্রোল প্রভৃতির উপাদান মৌল কার্বন ও হাইড্রোজেন। জ্বলিবার সময় এই সব পদার্থের কার্বন ও হাইড্রোজেন বায়ুর অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিক ভাবে যুক্ত হইয়া যথাক্রমে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে, যাহা বায়ুর সহিত মিশিয়া অদৃশ্য হইয়া যায়। ফলে, আপাত দৃষ্টিতে মোম বা তেল বিনাশ প্রাপ্ত হইয়া ওজন হ্রাস পাইতেছে. কিন্তু উৎপন্ন গ্যাসীয় পদার্থ দুটির সঠিক ওজন লওয়া হইলে দেখা যাইবে উহা যতটুকু মোম জ্বলিয়াছে এবং উহার দহনে যতটুকু অক্সিজেন প্রয়োজন হইয়াছে তাহার মোট ওজনের সমান।

অর্থাৎ মোম বা তেলের ওজন+অক্সিজেনের ওজন=কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন+জলীয় বাষ্পের ওজন। ইহা সন্দেহাতীত ভাবে প্রমাণ করা যায়, এইরূপ রাসায়নিক পরিবর্তনে পদার্থের মোট ভর অপরিবর্তিত আছে।

(খ) কাঠকয়লা মূলতঃ মৌল কার্বন ছাড়া কিছুই নয়। উহাতে অশুদ্ধি হিসাবে সামান্য ধাতব পদার্থ বিদ্যমান। একখণ্ড কাঠকয়লা বায়ুতে দহনকালে উহার কার্বন বায়ুর অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিক সংযুক্তিতে গ্যাসীয় কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপাদন করিয়া বায়ুর সহিত মিশিয়া যায়। দহন সম্পূর্ণ হইলে অতি সামান্য পরিমাণ ভস্ম (যাহা ধাতব পদার্থ হইতে উদ্ভূত) পড়িয়া থাকে। এই ভস্মের ওজন গৃহীত কাঠকয়লার ওজনের অপেক্ষা অনেক কম। কিন্তু এই ওজন হ্রাসও প্রকৃত নহে। উৎপন্ন কার্বন ডাই-

অক্সাইডের এবং ভস্মের সঠিক ওজন লইলে দেখা যাইবে এই ওজন এবং গৃহীত কাঠকয়লা ও বিক্রিয়াকালে সংযুক্ত অক্সিজেনের ওজনের মধ্যে কোন তারতম্য নাই।

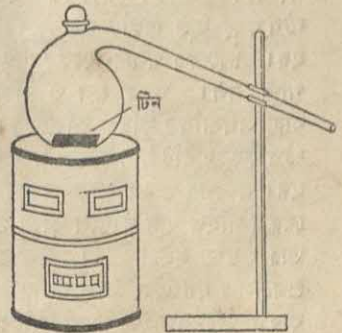
(গ) এক খণ্ড কর্পূর বায়ুতে খোলা অবস্থায় রাখিলে উহার ওজন কমে। তবে এই ওজন-হ্রাসও নিত্যতা সূত্রের পরিপন্থী নহে। কারণ কর্পূর একটি উদ্বায়ী কঠিন পদার্থ। খোলা অবস্থায় রাখিলে সাধারণ তাপমাত্রায়ই উহা ধীরে ধীরে গ্যাসীয় অবস্থায় রূপান্তরিত হইতে থাকে এবং উহার ওজন ক্রমশঃ হ্রাস প্রাপ্ত হয়। কিন্তু উৎপন্ন গ্যাসীয় কর্পূরের ওজন এবং অবশিষ্ট কঠিন কর্পূরের ওজন সঠিক ভাবে গ্রহণ করিলে দেখা যায় এই মিলিত ওজন এবং যে কর্পূর খণ্ড প্রথমে লওয়া হইয়াছিল তাহার ওজন একই। এই পরিবর্তনে কর্পূরের অবস্থাগত পরিবর্তন হইয়াছে মাত্র।

(ঘ) ম্যাগনেসিয়াম ধাতু বায়ুতে দহন করিলে উহার ওজন বৃদ্ধি পায়। এই ওজন বৃদ্ধি ভরের নিত্যতা সূত্রের পরিপ্রেক্ষিতে ব্যাখ্যা সম্ভব। বায়ুতে ম্যাগনেসিয়াম পুড়াইলে উহা বায়ুর অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড নামক সাদা যৌগে পরিণত হয়। ম্যাগনেসিয়ামের সহিত অক্সিজেন সংযুক্তির জন্য ওজন বৃদ্ধি পায়। দেখা যাইবে, গৃহীত ম্যাগনেসিয়াম ও উহার দহন কালে ব্যয়িত অক্সিজেনের মোট ওজন উৎপন্ন ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের ওজনের সমান হইবেই। কপার, মার্কারী বা টিন ইত্যাদি ধাতুর বায়ুতে দহনে ওজন বৃদ্ধি একই যুক্তিতে ব্যাখ্যা করা যায়।

(ঙ) আর্দ্র বায়ুতে একটি লৌহদণ্ড রাখিলে উহার ওজন বাড়ে। এই ঘটনার কারণ আর্দ্রবায়ুর অক্সিজেন ও জলীয় বাষ্পের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়ায় লৌহের উপরে প্রধানতঃ সোদক ফেরিক অক্সাইডের একটি বাদামী আস্তরণ সৃষ্টি হয়। এই আস্তরণই মরিচা (rust)। অক্সিজেন ও জল যুক্ত হয় বলিয়াই লৌহ হইতে মরিচার ওজন বেশী, ফলে সমগ্র ভাবে লৌহদণ্ডের ওজন বৃদ্ধি পায়।

পরীক্ষা দ্বারা ভরের নিত্যতা সূত্রের প্রমাণ :

(১) **ল্যাভয়সিয়ারের টিন দহন পরীক্ষা :** ল্যাভয়সিয়ার একটি কাচের রিটর্টে কয়েক টুকরা টিনের পাত লইয়া রিটর্টের মুখ উত্তাপ প্রয়োগে গলাইয়া বন্ধ (sealed) করিয়া দেন এবং টিন সমেত রিটর্টের সঠিক ওজন নেন। অতঃপর তিনি রিটর্টটিকে দীর্ঘক্ষণ ধরিয়া উত্তপ্ত করেন। উত্তপ্ত টিন রিটর্টের অভ্যন্তরস্থ বায়ুর অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়া দ্বারা আংশিকভাবে টিন অক্সাইড যৌগে পরিণত হয়। তিনি রিটর্টটি শীতল করিয়া পুনর্বার ওজন করিয়া দেখিলেন, পরের ওজন পূর্বের ওজনের সমান। ইহাতে প্রমাণিত হয়, এই রাসায়নিক পরিবর্তনে ধাতব টিন সাদা ধাতু-ভস্ম বা অক্সাইডে পরিণত হওয়া সত্ত্বেও মোট ওজনের কোন হ্রাস বা বৃদ্ধি হয় না অর্থাৎ ইহাতে পদার্থের রূপান্তর ঘটিয়াছে, কিন্তু পদার্থের সৃষ্টি বা বিনাশ হয় নাই।

চিত্র ১(২)-ল্যাভয়সিয়ারের টিন দহন পরীক্ষা

(২) **ল্যানডল্টের পরীক্ষা :** পদার্থের অবিনশ্বরতা প্রমাণে বিজ্ঞানী ল্যানডল্টের পরীক্ষাটি বিশেষ পরিচিত। ল্যানডল্ট H- আকারের একটি কাচ নলের দুই বাহুর একটিতে ফেরাস সালফেট ও অপরটিতে সিলভার সালফেট দ্রবণ লইয়া বাহু দুইটির মুখ

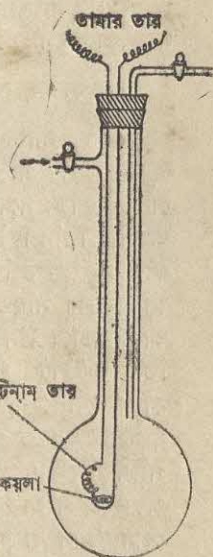
উত্তাপে গলাইয়া বন্ধ করিয়া দেন। তিনি মুখবন্ধ সমস্ত H-আকারের কাচের নলটির সঠিক ওজন নেন। অতঃপর ইহাকে এ পাশ ও পাশে কাৎ করিয়া দ্রবণ দুইটি উত্তমরূপে মিশাইয়া দেন। বিকারক দুইটির মধ্যে রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে ধাতব সিলভার অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং ফেরিক সালফেট উৎপন্ন হয়।

চিত্র ১(৩) ল্যানডল্টের পরীক্ষা

বিক্রিয়া শেষে নলটি শীতল করিয়া পুনরায় ওজন লইয়া তিনি দেখেন, বিক্রিয়ার পূর্বে নলের ওজন ও বিক্রিয়া শেষে নলের ওজনে কোন তারতম্য নাই। অতএব এই পরীক্ষা নিঃসন্দেহে প্রমাণ করে যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় পদার্থের রূপান্তর হয়, কোন পদার্থের সৃষ্টি বা লয় হয় না।

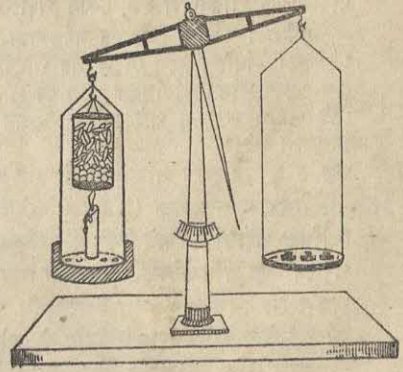
ল্যানডল্টের পরীক্ষাটি H- নলের দুই বাহুতে অন্য দুইটি বিকারক লইয়াও করা যাইতে পারে। যেমন, এক বাহুতে সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ ও অন্য বাহুতে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ লইয়া বিক্রিয়া ঘটাইলে সাদা সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং দ্রবণে থাকে সোডিয়াম নাইট্রেট।

সোডিয়াম ক্লোরাইড+সিলভার নাইট্রেট=সিলভার ক্লোরাইড+সোডিয়াম নাইট্রেট।

(৩) **কাঠকয়লার দহন পরীক্ষা :** একটি লম্বা গলাযুক্ত গোলতল ফ্লাস্কে রবার কর্কের মাধ্যমে দুইটি তামার তার প্রবেশ করাইয়া একটি তারের প্রান্তে একটি ছোট তামার বাটি (capsule) যুক্ত করা হয়। এই বাটিতে একটুকরা বিশুদ্ধ কাঠকয়লা (শর্করা কয়লা) রাখা হয়। অপর তারটি এমন ভাবে ফ্লাস্কে প্রবেশ করানো হয় যাহাতে উহার প্রান্তটি বাটিকে স্পর্শ না করিয়া উহার সন্নিকটে থাকে। এক্ষণে এই বাটি এবং অপর তামার তারের প্রান্ত একটি প্লাটিনাম তার দ্বারা এমন ভাবে যুক্ত করা হয় যাহাতে প্লাটিনাম তারটি কাঠকয়লার সংস্পর্শে থাকে। ফ্লাস্কের মুখের রবার কর্কের মধ্য দিয়া স্টপ্‌কক্ যুক্ত একটি সমকোণে বাঁকানো নল প্রবেশ করানো হয়। ফ্লাস্কের গলার দিকে আছে স্টপ্‌কক্ যুক্ত অপর একটি পার্শ্ব নল। পার্শ্ব নল ও বাঁকানো নলের সাহায্যে ফ্লাস্কের বায়ু অপসারিত করিয়া অক্সিজেন দ্বারা ফ্লাস্কটি পূর্ণ করা হয়। স্টপ্‌কক্ দুইটি বন্ধ করিয়া সম্পূর্ণ যন্ত্রটির সঠিক ওজন লওয়া হয়। অতঃপর তামার তারদ্বয়ের বহিঃপ্রান্ত একটি ব্যাটারীর দুই মেরুর সহিত যুক্ত করিলে তড়িৎ প্রবাহ সুরু হয় এবং প্লাটিনাম তার উত্তপ্ত হইয়া উঠে। উত্তপ্ত তারের সংস্পর্শে কাঠকয়লা প্রজ্বলিত হয় এবং অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া বর্ণহীন কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে পরিণত হয়। কাঠকয়লা সম্পূর্ণ পুড়িয়া গেলে তড়িৎ সংযোগ বিচ্ছিন্ন করিয়া যন্ত্রটিকে শীতল করা হয় এবং পুনরায় ওজন লইলে দেখা যায় যন্ত্রটির ওজন অপরিবর্তিত রহিয়াছে।

চিত্র ১(৪)-কাঠকয়লার দহন পরীক্ষা

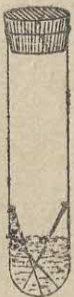
আপাতদৃষ্টিতে কাঠকয়লা অদৃশ্য হইয়া যাওয়ায় উহার ওজন হ্রাস হওয়াই স্বাভাবিক ছিল, কিন্তু প্রকৃতপক্ষে তাহা হয় নাই।

এই পরীক্ষাটি কাঠকয়লার পরিবর্তে সালফার, ফসফরাস, ম্যাগনেসিয়াম লইয়াও করা যায়। প্রতি ক্ষেত্রেই অধাতু বা ধাতু উত্তাপে অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিক ক্রিয়ায় উহাদের অক্সাইডে পরিণত হয়।

(৪) **মোমবাতির দহন পরীক্ষা :** (পার্টিংটনের পরীক্ষা) ঃ উপযুক্ত দৈর্ঘ্য-বিশিষ্ট এবং বড় ব্যাসের একটি মোটা শক্ত কাচনল লওয়া হয়। নলটির নিম্ন প্রান্তের মাপ মত একটি সচ্ছিদ্র কর্কের ছিপিতে একটি মোমবাতি বসাইয়া নলটির নীচের মুখে আটকানো হয়। নলের অভ্যন্তরে উহার অপর মুখের কাছে একটি তার জালি বসানো হয়। তার জালির উপর প্রথমে কয়েক টুকরা চুন এবং তার উপর কঠিন কষ্টিক সোডার দণ্ড রাখা থাকে। অতঃপর নলের উপরের মুখ সুবিধাজনকভাবে রবার কর্ক দ্বারা বন্ধ করিয়া সমগ্র যন্ত্রটি একটি তুলাদণ্ডে বসাইয়া সঠিক ওজন লওয়া হয়। এইবার মোমবাতি সমেত নীচের কর্কটি খুলিয়া মোমবাতি জ্বালাইয়া সত্বর উহা যথাস্থানে বসানো হয়। কর্কের ছিদ্রপথে বায়ু কাচনলে প্রবেশ করে এবং ইহাতে মোমবাতির দহন চলিতে থাকে।

চিত্র ১(৫)-মোমবাতির দহন পরীক্ষা

আপাতদৃষ্টিতে মনে হয় মোমটি যখন পুড়িয়া ক্রমশঃ নিঃশেষ হইতেছে, তখন নিশ্চয়ই ওজনের হ্রাস ঘটিবে। কিন্তু বাস্তব ঘটনা ইহার বিপরীত। মোমবাতিটি জ্বলিয়া গেলেও দেখা যায় তুলাদণ্ডের কাঁটা এমন ভাবে হেলিয়াছে যাহাতে সমগ্র কাচনলের ওজন বৃদ্ধি প্রকাশ করে অর্থাৎ মোমবাতির দহনে ওজন হ্রাস পায় নাই, বরং বাড়িয়াছে।

মোমবাতির দহনে উহার উপাদান মৌল দুইটি কার্বন ও হাইড্রোজেন বায়ুর অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিক মিলনে যথাক্রমে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প গঠন করে যাহা কষ্টিক সোডা ও চুন দ্বারা শোষিত হয়। এই পরীক্ষায় উৎপন্ন গ্যাসীয় পদার্থ দুইটি উড়িয়া যাইতে পারে না। এইজন্য দহনে ব্যবহৃত অক্সিজেনের পরিমাণ অনুযায়ী কাচনলের ওজন বৃদ্ধি পায়; সুতরাং এক্ষেত্রে প্রথম ও দ্বিতীয় ওজনের পার্থক্য হইল যতটা অক্সিজেন মোমের সহিত বিক্রিয়া করিয়াছে তাহার ওজনের সমান।

(৫) **লৌহের মরিচা পড়া পরীক্ষা :** একটি মোটা কাচনলে (বা ছোট বোতলে) কিছু অপাতিত জল লইয়া ইহাতে কয়েকটি পরিষ্কার লোহার পেরেক বা একটি ছোট লৌহদণ্ড রাখা হয়। নলটির মুখ বায়ুরুদ্ধভাবে কর্ক দ্বারা আঁটিয়া দেওয়া হয়। অতঃপর মুখবন্ধ নলটির সঠিক ওজন লইয়া একই ভাবে কয়েক দিন রাখিলে পেরেকের গায়ে বাদামী বর্ণের একটি আস্তরণ (মরিচা) পড়ে। নলটির পুনরায় ওজন লইলে দেখা যায় পূর্বের ওজনের কোন পরিবর্তন হয় নাই।

পেরেকের গায়ে বাদামী বর্ণের যে আস্তরণ পড়ে উহা নলমধ্যস্থ আর্দ্র বায়ুর অক্সিজেনের সহিত লোহার রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সোদক ফেরিক অক্সাইড গঠনের ফল। এই অক্সিজেন সংযোগের ফলে মরিচা গঠিত হওয়ায় পেরেকের ওজন বৃদ্ধি পায়, কিন্তু মরিচা গঠনে যে পরিমাণ অক্সিজেন যুক্ত হয় সেই পরিমাণ অক্সিজেন নল হইতে

চিত্র ১(৬)—লৌহের মরিচা পড়ার পরীক্ষা

হ্রাস পায়। ফলে এই রাসায়নিক বিক্রিয়ার পূর্বে ও পরে নলের ওজন সমান থাকে।

(৬) **কর্পূরের ঊর্ধ্বপাতন পরীক্ষা :** একটি লম্বা কাচের টিউবে কিছুটা কর্পূর লইয়া ইহার মুখ ছিদ্রহীনভাবে বরার কর্ক দ্বারা বন্ধ করা হয়। প্রথমে কর্পূর-সহ মুখবন্ধ টিউবের ওজন গৃহীত হয়। এইবার টিউবটিকে সামান্য উত্তপ্ত করিলে কর্পূর সরাসরি বাষ্পীভূত হয় এবং লম্বা টিউবের উপরের শীতল অংশে ঘনীভূত হইয়া পুনরায় কঠিন অবস্থায় জমা হয়। টিউবটিকে শীতল করিয়া ঘরের তাপমাত্রায় আনিবার পর পুনরায় ওজন লইলে দেখা যায় পূর্বের ওজন এবং কর্পূর ঊর্ধ্বপাতনের পর গৃহীত ওজনে কোন পার্থক্য নাই।

এই পরীক্ষাও বস্তুর অবিনশ্বরতা সূত্র প্রমাণ করে। ঊর্ধ্বপাতন প্রক্রিয়ায় কর্পূরের অবস্থাগত পরিবর্তন হয়, কোন পদার্থের সৃষ্টি বা বিনাশ হয় না।

দ্রষ্টব্য : শক্তি ও ভরের সমতুল্যতা আবিষ্কারের পর এই সূত্রের সামান্য সংশোধন প্রয়োজন হইয়াছে। বিক্রিয়াকালে যে তাপের পরিবর্তন হয় তাহাও গণনার অঙ্গীভূত হওয়া দরকার। তাপ এক প্রকার শক্তি। বিক্রিয়ার ফলে যে পরিমাণ তাপের সৃষ্টি হইবে বিক্রিয়াজাত পদার্থের পরিমাণ সেই অনুপাতে হ্রাস পাইবে। এই ওজন হ্রাস খুবই সামান্য, তবুও সংশোধিত রূপে এই সূত্র নিম্নরূপ হইবে—

ভর ও শক্তির মোট পরিমাণ বিক্রিয়ার পূর্বে ও পরে সর্বদা একই হইবে।

স্থিরানুপাত সূত্র (Law of definite or constant proportions) : **যে কোন যৌগিক পদার্থ সর্বদাই নির্দিষ্ট কতকগুলি মৌলিক পদার্থ দ্বারা গঠিত এবং সেই যৌগিক পদার্থে উহার মৌলিক উপাদানগুলির ওজনের অনুপাত সর্বদাই নির্দিষ্ট বা স্থির।** অর্থাৎ কোন যৌগকে ভিন্ন ভিন্ন উৎস হইতে সংগ্রহ করিলে অথবা বিভিন্ন পদ্ধতিতে প্রস্তুত করিলে উহা প্রতি ক্ষেত্রেই নির্দিষ্ট মৌলের নির্দিষ্ট ওজনের সংযোগে গঠিত দেখা যাইবে।

মনে করি, A এবং B দুইটি মৌল দ্বারা গঠিত AB যৌগ তিনটি ভিন্ন পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা যায়। মনে করি, প্রথম পদ্ধতিতে a গ্রাম A, b গ্রাম B এর সহিত রাসায়নিক ভাবে মিলিত হয়। দ্বিতীয় পদ্ধতিতে x গ্রাম A-এর সহিত y গ্রাম B মিলিত আছে এবং তৃতীয় পদ্ধতিতে m গ্রাম A এবং n গ্রাম B পরস্পর যুক্ত হইয়া AB যৌগ গঠন করিয়াছে। তাহা হইলে স্থিরানুপাত সূত্রানুসারে,

$$\frac{a}{b}=\frac{x}{y}=\frac{m}{n}$$

উদাহরণ : (১) জল একটি যৌগ। উহা নদী, পুকুর, সমুদ্র, বৃষ্টি প্রভৃতি নানা উৎস হইতে সংগ্রহ করা যায়। আবার হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাস মিশ্রণে তড়িৎ স্ফুলিঙ্গ পাঠাইয়া, উত্তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইডে হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহিত করিয়া বা অন্যান্য উপায়ে জল প্রস্তুত করা যাইতে পারে। কিন্তু সকল ক্ষেত্রেই বিশুদ্ধ জলকে বিশ্লেষণ করিলে দেখা যাইবে উহা সর্বদাই হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন এই দুই মৌলের সমবায়ে গঠিত এবং উহাতে সর্বদাই 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন ও 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন বর্তমান থাকে অর্থাৎ উহাতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত 1 : 8 (প্রকৃতপক্ষে 1·008 : 8)।

(২) চুণাপাথর ($CaCO_3$) উত্তাপ প্রয়োগে কার্বন ডাই-অক্সাইড দেয়। আবার উহা লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়াও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। দেখা যাইবে উভয় প্রক্রিয়ায় প্রাপ্ত বিশুদ্ধ কার্বন ডাই-অক্সাইডে কার্বন ও অক্সিজেন এই দুইটি মৌল থাকে এবং ইহাতে কার্বন ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত সর্বদাই অপরিবর্তিত অর্থাৎ 3 : 8।

(৩) পরীক্ষাগারে বিভিন্ন পদ্ধতিতে প্রস্তুত সোডিয়াম ক্লোরাইড (সাধারণ লবণ) এবং বিভিন্ন প্রাকৃতিক উৎস হইতে সংগৃহীত সোডিয়াম ক্লোরাইড বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায় উহা সব সময়ই সোডিয়াম ও ক্লোরিন এই দুই মৌলের রাসায়নিক মিলনে গঠিত এবং উহাতে সোডিয়াম ও ক্লোরিনের ওজনের অনুপাত 23 :35·46। এই ওজন অনুপাতের ব্যতিক্রম কদাচ দৃষ্ট হয় না।

ল্যাবরেটরীতে স্থিরানুপাত সূত্রের সত্যতা নির্ণয় : আমরা জানি, তিনটি ভিন্ন পদ্ধতিতে কিউপ্রিক অক্সাইড প্রস্তুত সম্ভব। যেমন—

কপার নাইট্রেট $\xrightarrow{\text{উত্তাপ}}$ কিউপ্রিক অক্সাইড+নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড+অক্সিজেন।

কপার কার্বনেট $\xrightarrow{\text{উত্তাপ}}$ কিউপ্রিক অক্সাইড+কার্বন ডাই-অক্সাইড।

কপার হাইড্রোক্সাইড $\xrightarrow{\text{উত্তাপ}}$ কিউপ্রিক অক্সাইড+জল।

তিনটি ভিন্ন কপার যৌগ হইতে উত্তাপ প্রয়োগে প্রাপ্ত বিশুদ্ধ কালো কিউপ্রিক অক্সাইড লওয়া হইল এবং প্রত্যেকটি নমুনার গায়ে 1, 2 এবং 3 নম্বর যুক্ত লেবেল আঁটিয়া দেওয়া হইল।

একটি পরিষ্কার শুষ্ক পোর্সেলিন বোটের ওজন লইয়া উহাতে 1 নং কিউপ্রিক অক্সাইডের খানিকটা লইয়া পুনরায় ওজন করা হয়। অতঃপর কিউপ্রিক অক্সাইড-সহ বোটটি একটি দুই মুখ খোলা দহন নলের (combustion tube) মধ্যে রাখা হয়। দহন নলের উভয় প্রান্তে কর্কের মাধ্যমে দুইটি কাচ-নল আটকানো থাকে। একটি নল দিয়া বিশুদ্ধ শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাস দহন নলে ধীরে ধীরে প্রবেশ করানো হয়। অপর নলটি স্টীম নির্গমনের পথ হিসাবে কাজ করে।

চিত্র ১(৭)—স্থিরানুপাত সূত্র-সম্বন্ধীয় পরীক্ষা

এইবার হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহে দহন নলটি তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়। হাইড্রোজেন গ্যাস উত্তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইডকে লাল ধাতব কপারে পরিণত করে এবং নিজে স্টীমে পরিণত হইয়া নির্গম নল দিয়া বাহির হইয়া যায়। $CuO+H_2=Cu+H_2O$

বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হইলে উত্তাপ বন্ধ করিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস পাঠানো অব্যাহত রাখিয়া দহন নলটি ঠান্ডা হইতে দেওয়া হয়। পোর্সেলিন বোটটি অতঃপর ডেসিকেটারে রাখিয়া শীতল করিয়া উহার ওজন লওয়া হয়। বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হইল কিনা জানিবার জন্য বোটটি আবার হাইড্রোজেন প্রবাহে পূর্বের ন্যায় উত্তপ্ত করিয়া ঠান্ডা করিবার পর ওজন লওয়া হয়। পর পর দুইটি ওজন যখন একই হয়, তখন বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হইয়াছে বুঝিতে হইবে।

গণনা : মনে করি, পোর্সেলিন বোটের স্থির ওজন $=W_1$ গ্রাম

পোর্সেলিন বোট+কিউপ্রিক অক্সাইডের ওজন $=W_2$ গ্রাম

পোর্সেলিন বোট+কপারের ওজন $=W_3$ গ্রাম

$\therefore$ কিউপ্রিক অক্সাইডের ওজন $=(W_2-W_1)$ গ্রাম।

কপারের ওজন $=(W_3-W_1)$ গ্রাম।

এবং কিউপ্রিক অক্সাইডে অক্সিজেনের ওজন $=(W_2-W_1)-(W_3-W_1)$ গ্রাম
$=(W_2-W_3)$ গ্রাম

$$\therefore \frac{\text{কপারের ওজন}}{\text{অক্সিজেনের ওজন}}=\frac{W_3-W_1}{W_2-W_3}$$

অথবা কপারের শতকরা পরিমাণ $=\dfrac{100\times(W_3-W_1)}{(W_2-W_1)}$ ভাগ এবং

অক্সিজেনের শতকরা পরিমাণ $=\dfrac{100\times(W_2-W_3)}{(W_2-W_1)}$ ভাগ

এইভাবে 2 নং এবং 3 নং নমুনার কিউপ্রিক অক্সাইড লইয়া এই পরীক্ষার পুনরাবৃত্তি করিলে দেখা যাইবে কপার ও অক্সিজেনের অনুপাত 1 নং নমুনার অনুরূপ হইবে। অতএব ইহা স্থিরানুপাত সূত্রের সত্যতা প্রমাণ করে।

এই সূত্রটি প্রকৃতপক্ষে কোন যৌগিক পদার্থের সংজ্ঞা নির্ধারণ করে।

মনে রাখা দরকার, স্থিরানুপাত সূত্রের বিপরীত বিবৃতিটি সর্বদা সত্য হয় না অর্থাৎ মৌলিক উপাদানগুলির ওজনের অনুপাত স্থির থাকিলেই উহা একটি মাত্র যৌগ নির্দেশ নাও করিতে পারে। যেমন ইউরিয়া $[CO(NH_2)_2]$ এবং অ্যামোনিয়াম সায়ানেট (NH_4CNO) যৌগ দুইটিতে উপাদান মৌলগুলির ওজনের অনুপাত অভিন্ন থাকিয়াও দুইটি পৃথক যৌগ সৃষ্টি করিয়াছে। এই প্রসঙ্গে বিস্তারিত আলোচনা দ্বিতীয় খণ্ডের পঞ্চম পর্বে করা হইয়াছে।

আইসোটোপ আবিষ্কারের পর এই সূত্রটি সর্বক্ষেত্রে প্রশ্নাতীত ভাবে সত্য বলা যায় না। আমরা জানি অধিকাংশ মৌলই সম রাসায়নিক ধর্মী কিন্তু বিভিন্ন পারমাণবিক গুরুত্ব বা ভর বিশিষ্ট পরমাণু বা আইসোটোপের সমবায়ে গঠিত। যেমন হাইড্রোজেনের সাধারণ এবং ভারী হাইড্রোজেন এই দুই প্রকার আইসোটোপ জানা আছে। ভারী হাইড্রোজেনের এক একটি পরমাণু সাধারণ হাইড্রোজেনের পরমাণু অপেক্ষা দ্বিগুণ ভারী। সুতরাং ভিন্ন ভিন্ন উৎস হইতে সংগৃহীত জলে যদি হাইড্রোজেনের আইসোটোপ দুইটির উপস্থিতি ভিন্ন অনুপাতে থাকে তবে জলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত সর্বক্ষেত্রে এক থাকিবে না।

আবার ক্লোরিন 35 এবং 37 ভর বিশিষ্ট দুই রকম পরমাণুর নির্দিষ্ট অনুপাতের মিশ্রণ। যদি কোন ধাতব ক্লোরাইডে ঐ দুই রকম পরমাণুর একটির আধিক্য থাকে তবে ঐ ক্লোরাইড যৌগের সংযুতি স্থিরানুপাত সূত্র মানিয়া চলিবে না। তবে এই রূপ ঘটনা সচরাচর ঘটে না। সাধারণভাবে কোন মৌলে উপস্থিত বিভিন্ন আইসোটোপের অনুপাত নির্দিষ্ট সেইজন্য আইসোটোপের দ্বারা এই সূত্রের সত্যতা সাধারণত বিঘ্নিত হয় না। আইসোটোপ সম্বন্ধে এই পুস্তকের দ্বিতীয় খণ্ডে বিস্তারিত আলোচনা করা হইয়াছে। আইসোটোপ সম্বন্ধে জানার পরই শিক্ষার্থীদের পক্ষে এই অংশ বুঝা সহজ হইবে।

গুণানুপাত সূত্র (Law of multiple proportions) :

দুইটি মৌলিক পদার্থের রাসায়নিক সংযোগে যখন দুই বা ততোধিক যৌগ গঠিত হয়, তখন উহাদের একটি মৌলিক পদার্থের স্থির বা নির্দিষ্ট ওজনের সহিত অপরটির যে বিভিন্ন ওজনের সংযোগ ঘটে, সেই ভিন্ন ভিন্ন ওজনগুলি সর্বদা একটি ক্ষুদ্র পূর্ণ সংখ্যার সরল অনুপাতে থাকে।

উদাহরণ : (১) হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের রাসায়নিক মিলনে জল ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড নামে দুইটি যৌগ গঠিত হয়। জলে 2·0 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সহিত 16·0 ভাগ ওজনের অক্সিজেন যুক্ত আছে। আর হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডে 2·0 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত আছে 32·0 ভাগ ওজনের অক্সিজেন।

[প্রকৃতপক্ষে হাইড্রোজেনের 2·016 ভাগ বলিলেই সঠিক হয়।]

সুতরাং হাইড্রোজেনের নির্দিষ্ট ওজন (2·0 ভাগ)-এর সহিত প্রথম যৌগে অক্সিজেনের 16 ভাগ এবং দ্বিতীয় যৌগে 32 ভাগ রাসায়নিক ভাবে মিলিত হইয়াছে।

∴ দুইটি যৌগে নির্দিষ্ট ওজনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত অক্সিজেনের ভিন্ন ভিন্ন ওজনের অনুপাত 16 : 32 বা 1 : 2, ইহা পূর্ণ সংখ্যার সরল অনুপাত।

পক্ষান্তরে নির্দিষ্ট পরিমাণ অক্সিজেনের (16 ভাগ) সহিত হাইড্রোজেন যে বিভিন্ন পরিমাণে যুক্ত তাহার অনুপাত 2 : 1।

(২) কার্বন ও অক্সিজেন যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড ও কার্বন মনোক্সাইড দুইটি যৌগ উৎপন্ন করে।

কার্বন ডাই-অক্সাইডে কার্বন ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত 12 : 32। আবার কার্বন মনোক্সাইডে কার্বন ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত 12 : 16। অতএব দুইটি অক্সাইডে নির্দিষ্ট ওজনের কার্বনের (12 ভাগ) সহিত যুক্ত অক্সিজেনের বিভিন্ন ওজনের অনুপাত 32 : 16 অর্থাৎ 2 : 1। ইহা ক্ষুদ্র পূর্ণ সংখ্যার সরল অনুপাত।

অপরপক্ষে অক্সিজেনের স্থির ওজন (16 ভাগ)-এর সহিত কার্বনের ভিন্ন ভিন্ন ওজনের অনুপাত 6 : 12 অর্থাৎ 1 : 2।

(৩) নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন বিভিন্ন অনুপাতে যুক্ত হইয়া পাঁচটি নাইট্রোজেন অক্সাইড যৌগ গঠন করে।

যৌগ	ওজনের অনুপাত	
	নাইট্রোজেন : অক্সিজেন	নাইট্রোজেন : অক্সিজেন
(ক) নাইট্রাস অক্সাইড	28 : 16	14 : 8
(খ) নাইট্রিক অক্সাইড	14 : 16	14 : 16
		অথবা
(গ) নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড	28 : 48	14 : 24
(ঘ) নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড	14 : 32	14 : 32
(ঙ) নাইট্রোজেন পেণ্টোক্সাইড	28 : 80	14 : 40

∴ 14 ভাগ নির্দিষ্ট ওজনের নাইট্রোজেনের সহিত বিভিন্ন অক্সাইডে যে ওজনের অক্সিজেনের সংযোগ ঘটে তাহার অনুপাত 8 : 16 : 24 : 32 : 40 অথবা 1 : 2 : 3 : 4 : 5, ইহা একটি পূর্ণ সংখ্যার সরল অনুপাত।

(৪) আয়রন ও ক্লোরিনের বিক্রিয়া-জাত দুইটি যৌগের বিশ্লেষণের ফল নিম্নরূপ—

যৌগ	ওজনের অনুপাত আয়রন : ক্লোরিন
(ক) ফেরাস ক্লোরাইড	56 : 71
(খ) ফেরিক ক্লোরাইড	56 : 106·5

∴ আয়রনের স্থির ওজন (56 ভাগের) সহিত বিভিন্ন ওজনের সংযুক্ত ক্লোরিনের ওজনের অনুপাত 71 : 106·5 অর্থাৎ 2 : 3। ইহা পূর্ণ সংখ্যার সরল অনুপাত।

(৫) লেড অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিক মিলনে তিনটি যৌগ উৎপন্ন করে। উহাদের বিশ্লেষণ ফল—

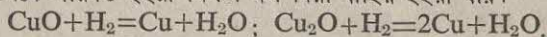
যৌগ	ওজনের অনুপাত লেড : অক্সিজেন		
(ক) লিথার্জ	107·2 : 16	অর্থাৎ	107·2 : 16
(খ) লেড পার-অক্সাইড	107·2 : 32	”	53·6 : 16
(গ) রেড লেড	321·6 : 64	”	80·4 : 16

∴ নির্দিষ্ট ওজন (16 ভাগ) অক্সিজেনের সহিত যুক্ত লেডের বিভিন্ন ওজনের অনুপাত 107·2 : 53·6 : 80·4 অর্থাৎ 4 : 2 : 3। ইহা পূর্ণ সংখ্যার সরল অনুপাত।

সুতরাং উপরের প্রতিটি উদাহরণ গুণানুপাত সূত্র সমর্থক।

পরীক্ষার দ্বারা গুণানুপাত সূত্রের প্রমাণ : আমরা জানি, কপার ও অক্সিজেনের রাসায়নিক মিলনে কিউপ্রিক অক্সাইড ও কিউপ্রাস অক্সাইড নামে দুইটি যৌগ গঠিত হয়।

দুইটি পরিষ্কার শুষ্ক পোর্সেলিন বোট লইয়া উহাদের ওজন পৃথকভাবে লওয়া হয়। ইহাদের মধ্যে একটিতে (মনে করি 1 নং বোট) কিছু কিউপ্রিক অক্সাইড ও অন্যটিতে (2 নং বোট) কিছুটা কিউপ্রাস অক্সাইড লইয়া পুনরায় বোট দুইটির ওজন লওয়া হয়। অতঃপর ভিন্ন ভিন্ন অক্সাইড-সহ বোট-দুইটি একটি দুই মুখ খোলা শক্ত কাচের দহন নলের মধ্যে পাশাপাশি রাখা হয়। দহন নলের উভয় প্রান্তে কর্কের মাধ্যমে দুইটি কাচনল আটকানো থাকে। একটি নল দিয়া বিশুদ্ধ শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাস দহন নলে ধীরে ধীরে প্রবেশ করানো হয়। অপর নলটি ষ্টীম নির্গমনের পথ। এইবার হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহে দহন নলটি তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়। হাইড্রোজেন গ্যাস উভয় প্রকারের কপার অক্সাইডের সহিত উত্তপ্ত অবস্থায় বিক্রিয়া করিয়া উহাদের ধাতব কপারে পরিণত করে এবং নিজে ষ্টীমে পরিণত হইয়া নির্গম নল দিয়া বাহির হইয়া যায়।

$$CuO+H_2=Cu+H_2O;\ Cu_2O+H_2=2Cu+H_2O.$$

বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হইলে উত্তাপ বন্ধ করা হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাসের প্রবাহ অব্যাহত রাখিয়া দহন নলটি ঠান্ডা করার পর পোর্সেলিন বোট দুইটি ডেসিকেটারে রাখিয়া ঠান্ডা করিয়া ওজন লইতে হয়।

গণনা : মনে করি, 1 নং বোটের স্থির ওজন $=W_1$ গ্রাম

1 নং বোট+কিউপ্রিক অক্সাইডের স্থির ওজন $=W_2$ গ্রাম

1 নং বোট+কপারের স্থির ওজন $=W_3$ গ্রাম

$\therefore$ কিউপ্রিক অক্সাইডের ওজন $=(W_2-W_1)$ গ্রাম

এবং কপারের ওজন $=(W_3-W_1)$ গ্রাম

$\therefore$ কিউপ্রিক অক্সাইডে অক্সিজেনের ওজন $=(W_2-W_1)-(W_3-W_1)$

$=(W_2-W_3)$ গ্রাম।

অর্থাৎ (W_2-W_3) গ্রাম অক্সিজেনের সহিত (W_3-W_1) গ্রাম কপার যুক্ত হইয়া কিউপ্রিক অক্সাইড গঠন করে।

$\therefore$ 1 গ্রাম অক্সিজেন $\frac{W_3-W_1}{W_2-W_3}$ গ্রাম বা x গ্রাম কপারের সহিত যুক্ত থাকিবে।

অনুরূপভাবে মনে করি, 2 নং বোটের স্থির ওজন $=a$ গ্রাম

2 নং বোট+কিউপ্রাস অক্সাইড $=b$ গ্রাম

2 নং বোট+কপারের ওজন $=c$ গ্রাম

কপারের ওজন $=(c-a)$ গ্রাম এবং অক্সিজেনের ওজন $=(b-c)$ গ্রাম।

সুতরাং $(b-c)$ গ্রাম অক্সিজেন $(c-a)$ গ্রাম কপারের সহিত যুক্ত হইয়া কিউপ্রাস অক্সাইড গঠন করে।

$\therefore$ 1 গ্রাম অক্সিজেন $\frac{c-a}{b-c}$ গ্রাম বা y গ্রাম কপারের সহিত যুক্ত থাকিবে। উভয় ক্ষেত্রে অক্সিজেনের স্থির ওজন 1 গ্রাম এবং কপারের ওজন যথাক্রমে x এবং y গ্রাম। পরীক্ষার ফল প্রমাণ করে x এবং y অর্থাৎ দুইটি অক্সাইডের মধ্যে কপারের ওজনের অনুপাত $\frac{x}{y}=\frac{1}{2}$ অর্থাৎ 1 : 2, ইহা পূর্ণ সংখ্যার সরল অনুপাত, সুতরাং গুণানুপাত সূত্রের সমর্থক।

দ্রঃ যদি দুইটি মৌলের পারস্পরিক মিলনে অধিক সংখ্যক যৌগ গঠিত হয় এবং যৌগগুলি সরল প্রকৃতির না হয় তাহা হইলে এইসকল ক্ষেত্রে আপাত দৃষ্টিতে গুণানুপাত সূত্রের ব্যতিক্রম ঘটিতে দেখা যায়। যেমন কার্বন ও হাইড্রোজেন এই দুইটি মৌল অসংখ্য যৌগ (হাইড্রোকার্বন) গঠন করে। ইহাদের মধ্যে বিউটেন, পেনটেন, হেক্সেন তিনটি যৌগ বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায় প্রতিটি যৌগের 12 ভাগ ওজনের কার্বনের সহিত যথাক্রমে 2·5, 2·4 এবং 2·33 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন যুক্ত আছে। এই ওজন সংখ্যাগুলি কখনও সরল পূর্ণ সংখ্যার অনুপাতে থাকিতে পারে না। আবার মিথেন এবং ডিকেন এই দুইটি কার্বন ও হাইড্রোজেনের যৌগের বিশ্লেষণ ফল হইতে জানা যায় উক্ত যৌগ দুইটিতে নির্দিষ্ট পরিমাণ কার্বনের সহিত যুক্ত হাইড্রোজেনের ওজনগুলির অনুপাত 20 : 11, ইহাকে ক্ষুদ্র পূর্ণ সংখ্যার সরল অনুপাত বলা সমীচীন নহে।

ইহাও মনে রাখা দরকার দুইটি মৌল দ্বারা গঠিত যৌগগুলিতে উপাদান মৌল দুইটি একই প্রকারের আইসোটোপ দ্বারা অথবা বিভিন্ন প্রকারের আইসোটোপের নির্দিষ্ট অনুপাতের মিশ্রণে গঠিত না হইলে সূত্রটির সামান্য ব্যতিক্রম ঘটিবে।

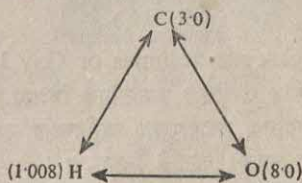
মিথোনুপাত সূত্র (Law of Reciprocal Proportions) : **যদি দুই বা ততোধিক মৌলিক পদার্থ অপর একটি মৌলিক পদার্থের নির্দিষ্ট বা স্থির ওজনের সহিত পৃথক পৃথকভাবে মিলিত হইয়া যৌগ গঠন করে তবে ঐ মৌলিক পদার্থগুলি নিজেদের মধ্যে বিক্রিয়া করিয়া যৌগ সৃষ্টি করিলে উহারা যে বিভিন্ন ওজনের অনুপাতে অপর মৌলিক পদার্থের নির্দিষ্ট ওজনের সহিত সংযুক্ত হইয়াছিল সেই বিভিন্ন ওজনের বা ঐ সকল ওজনের সরল গুণিতকের অনুপাতে সংযুক্ত থাকিবে।**

ব্যাখ্যা : মনে করি, দুইটি মৌলের (X এবং Y) a এবং b গ্রাম যথাক্রমে অপর একটি মৌলের (Z)-এর নির্দিষ্ট ওজন c গ্রামের সহিত রাসায়নিকভাবে মিলিত হয়। এখন X এবং Y নিজেদের মধ্যে সংযুক্ত হইয়া যৌগ সৃষ্টি করিলে উৎপন্ন যৌগে X এবং Y-এর ওজন অনুপাত হইবে $a : b$ অথবা ঐ রাশিগুলির কোন সরল গুণিতক অর্থাৎ $ma : nb$ (যেখানে m এবং n দুইটি অতি সরল পূর্ণ সংখ্যা)।

উদাহরণ : (১) কার্বন ও অক্সিজেন পৃথকভাবে হাইড্রোজেনের সহিত রাসায়নিক সংযোগে মিথেন এবং জল উৎপন্ন করে। এখন মিথেন যৌগে হাইড্রোজেন ও কার্বন 4·032 : 12 অর্থাৎ 1·008 : 3 ওজন অনুপাতে যুক্ত আছে।

আবার জলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত 1·008 : 8। অর্থাৎ মিথেনে হাইড্রোজেনের নির্দিষ্ট 1·008 ভাগ ওজনের সহিত 3 ভাগ ওজনের কার্বন এবং জলে হাইড্রোজেনের নির্দিষ্ট 1·008 ভাগ ওজনের সহিত 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন যুক্ত।

চিত্র ১(৮) হইতে ইহা স্পষ্ট ভাবে বুঝা যাইবে।

এখন কার্বন ও অক্সিজেন রাসায়নিক মিলনকালে 3 : 8 ওজন অনুপাতে বা উহার কোন সরল গুণিতক অনুপাতে মিলিত হইবে। প্রকৃতপক্ষে কার্বন ও অক্সিজেনের সংযুক্তিতে কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং কার্বন মনোক্সাইড যৌগ দুইটি গঠিত হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইডে কার্বন ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত 12 : 32 অথবা 3 : 8 এবং কার্বন মনোক্সাইডে উহাদের ওজনের অনুপাত 12 : 16 অথবা 6 : 8 অর্থাৎ প্রথমটির সরল গুণিতক অনুপাতে আছে।

চিত্র ১(৮)

(২) কার্বনের সহিত অক্সিজেন ও সালফার মৌল দুইটি পৃথক পৃথকভাবে রাসায়নিক মিলনে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও কার্বন ডাই-সালফাইড যৌগ গঠন করে।

কার্বন ডাই-অক্সাইডে, কার্বনের ওজন : অক্সিজেনের ওজন=12 : 32। কার্বন

ডাই-সালফাইডে কার্বনের ওজন : সালফারের ওজন=12 : 64; সালফার ও অক্সিজেন মৌল দুইটি নিজেদের মধ্যে রাসায়নিকভাবে মিলিত হইতে হইলে তাহাদের ওজনের অনুপাত 64 : 32 বা 2 : 1 হইবে অথবা ইহাদের কোন সরল গুণিতক হইবে।

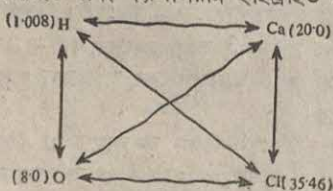
প্রকৃত পরীক্ষায় আমরা জানি সালফার ও অক্সিজেন রাসায়নিক ক্রিয়ায় সালফার ডাই-অক্সাইড ও সালফার ট্রাই-অক্সাইড যৌগ গঠন করে।

সালফার ডাই-অক্সাইডে সালফারের ওজন : অক্সিজেনের ওজন=32 : 32 বা 2 : 2 অর্থাৎ 2 : 2×1 (শেষেরটির সরল গুণিতক)। সালফার ট্রাই-অক্সাইডে সালফারের ওজন : অক্সিজেনের ওজন=32 : 48 বা 2 : 3 অর্থাৎ 2 : 3×1।

(৩) 31 ভাগ ওজনের ফসফরাস 3×35·5 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া ফসফরাস ট্রাই-ক্লোরাইড যৌগ উৎপাদন করে এবং 31 ভাগ ওজনের ফসফরাস 3 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া ফসফিন নামক যৌগ গঠন করে। অর্থাৎ 31 ভাগ নির্দিষ্ট ওজনের ফসফরাসের সহিত 3 ভাগ ওজন হাইড্রোজেন এবং 3×35·5 ভাগ ওজন ক্লোরিন পৃথকভাবে যুক্ত হয়।

∴ হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের রাসায়নিক সংযুক্তিকালে ইহাদের ওজনের অনুপাত 3 : 3×35·5 অর্থাৎ 1 : 35·5 বা ইহার কোন সরল গুণিতক হইবে। প্রকৃত পরীক্ষার দেখা যায় হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের যৌগ হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের ওজনের অনুপাত 1 : 35·5।

পরবর্তী আলোচনাকালে দেখা যাইবে মিথোনুপাত সূত্রটি তুল্যাঙ্ক অনুপাত সূত্রের (law of equivalent proportions) প্রকারান্তর মাত্র।

হাইড্রোজেন, ক্যালসিয়াম ও ক্লোরিনের অক্সাইড যৌগের বিশ্লেষণ ফল লক্ষ্য করিলে দেখা যায় 8 ভাগ অক্সিজেন যথাক্রমে 1·008 ভাগ হাইড্রোজেন, 20·0 ভাগ ক্যালসিয়াম এবং 35·46 ভাগ ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া এই সকল মৌলের অক্সাইড গঠন করে। উক্ত মৌলগুলি যদি নিজেদের মধ্যে পরস্পর বিক্রিয়া করিয়া যৌগ গঠন করিতে সক্ষম হয় তাহা হইলে তাহারা পরস্পর একই অনুপাতে থাকে। প্রকৃত বিশ্লেষণে দেখা গিয়াছে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড এবং ক্যালসিয়াম হাইড্রাইড যৌগে 20 ভাগ ক্যালসিয়ামের সহিত 35·46 ভাগ ক্লোরিন এবং 1·008 ভাগ হাইড্রোজেন যুক্ত আছে। এই ফলাফল হইতেই প্রকৃত পক্ষে তুল্যাঙ্ক অনুপাত সূত্রের সূচনা হইয়াছে। চিত্র ১(৯) হইতে ইহা আরও পরিষ্কার ভাবে বুঝা যাইবে। এই বিষয়ে বিস্তারিত আলোচনা এই পর্বের পঞ্চম অধ্যায়ে দেওয়া আছে।

চিত্র ১(৯)

গ্যাসায়তন সূত্র বা গে লুসাকের সূত্র (Law of gaseous volumes or Gay Lussac's law) : নানাবিধ পরীক্ষাদ্বারা গে লুসাক গ্যাসীয় পদার্থের রাসায়নিক মিলনে উহাদের আয়তনের অনুপাত লক্ষ্য করেন এবং একটি রাসায়নিক সংযোগসূত্র আবিষ্কার করেন (1808)। ইহা গে লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র নামে খ্যাত। সূত্রটি নিম্নরূপ :

একই চাপ ও উষ্ণতায় দুই বা ততোধিক গ্যাসীয় পদার্থের রাসায়নিক বিক্রিয়াকালে উহাদের আয়তনগুলি সরল অনুপাতে থাকে এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলি যদি গ্যাসীয় হয়, তবে উৎপন্ন গ্যাসের আয়তনও বিক্রিয়ক গ্যাসগুলির আয়তনের সহিত অতি সরল অনুপাতে থাকিবে।

উদাহরণ : প্রকৃত পরীক্ষায় দেখা যায় যে, একই উষ্ণতা ও চাপে—

(১) 1 আয়তন হাইড্রোজেন ও 1 আয়তন ক্লোরিন বিক্রিয়া করিয়া 2 আয়তন

হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করে। সুতরাং হাইড্রোজেন, ক্লোরিন এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তন 1 : 1 : 2; ইহা একটি সরল অনুপাত।

(২) 2 আয়তন হাইড্রোজেন ও 1 আয়তন অক্সিজেনের রাসায়নিক সংযোগে 2 আয়তন স্টীম গঠিত হয়। ∴ হাইড্রোজেন, অক্সিজেন এবং স্টীমের আয়তনের অনুপাত 2 : 1 : 2।

(৩) 1 আয়তন নাইট্রোজেন ও 3 আয়তন হাইড্রোজেনের বিক্রিয়ায় 2 আয়তন অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। ∴ গ্যাসগুলির আয়তনের অনুপাত 1 : 3 : 2।

সুতরাং প্রতি ক্ষেত্রেই বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত গ্যাসগুলির আয়তন অতি সরল অনুপাত রক্ষা করিতেছে।

রাসায়নিক সংযোগ সূত্রাবলীর মধ্যে একমাত্র গে লুসাকের সূত্রই আয়তন সংক্রান্ত। অন্যান্যগুলি ওজন সংক্রান্ত। কেবল এই সূত্রটিই ডালটনের পরমাণুবাদ দ্বারা ব্যাখ্যা করা সম্ভব নয়। পরবর্তী অধ্যায়ে এই সম্বন্ধে বিস্তারিত আলোচনা করা হইবে।

পদার্থের গঠন ও ডালটনের পরমাণুবাদ (Constitution of matter and Dalton's Atomic Theory) : পদার্থমাত্রই যে অতি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণার সমন্বয়ে গঠিত এই সত্য সুপ্রাচীন যুগেও ভারতীয় দার্শনিক এবং গ্রীক পণ্ডিতগণের জ্ঞাত ছিল। কিন্তু পদার্থের গঠন সম্বন্ধে প্রথম সুনির্দিষ্ট বৈজ্ঞানিক মতবাদ প্রচার করেন বিজ্ঞানী জন ডালটন (1802)। ইহাই ডালটনের পরমাণুবাদ নামে খ্যাত। আধুনিককালে এই তত্ত্বের কিছু ত্রুটি ধরা পড়িয়াছে এবং নূতন নূতন আবিষ্কৃত তথ্যের ভিত্তিতে ইহার কিছু অংশের সংশোধন প্রয়োজন হইয়াছে। কিন্তু তবুও ডালটনের পরমাণুবাদ যে রসায়ন বিজ্ঞানের অন্যতম মূল ভিত্তি তাহা সর্বজনস্বীকৃত।

ডালটন পরমাণুবাদের স্বীকার্য বিষয় : (১) প্রত্যেক মৌলিক পদার্থ অসংখ্য অবিভাজ্য, অতি ক্ষুদ্র, নিরেট কণা দ্বারা গঠিত। পদার্থের এই ক্ষুদ্রতম কণাগুলি পরমাণু বা অ্যাটম। কোনরূপ রাসায়নিক প্রক্রিয়ার দ্বারা পরমাণুর সৃষ্টি বা ধ্বংস কোনটিই সম্ভব নহে।

(২) একই মৌলের সমস্ত পরমাণুই ধর্মে অভিন্ন এবং ওজনে একই হইবে। বিভিন্ন মৌলের পরমাণুগুলি ভিন্ন ধর্ম ও ভিন্ন ওজনবিশিষ্ট। পদার্থের ধর্ম বলিতে তাহার পরমাণুর ধর্মই বুঝায়।

(৩) রাসায়নিক সংযোগকালে বিভিন্ন মৌলের এক বা একাধিক পরমাণুর সুনির্দিষ্ট সমাবেশ ঘটে এবং যৌগের ক্ষুদ্রতম কণার সৃষ্টি হয় অর্থাৎ যৌগ গঠনকালে বিভিন্ন মৌলের পরমাণুগুলি পূর্ণ সংখ্যার সরল অনুপাতে যুক্ত হয়।

চিত্র ১(১০)—জন ডালটন

(৪) যৌগ সৃষ্টির সময় উপাদান মৌলগুলি যে ওজন অনুপাতে যুক্ত হয়, তাহা তাহাদের পরমাণুর ওজনের অনুপাত মাত্র। ডালটনের পরমাণুবাদের ভিত্তিতে পরমাণুর সংজ্ঞা নিম্নরূপ :

মৌলিক পদার্থের যে ক্ষুদ্রতম কণা সম্পূর্ণ অবিভাজ্য থাকিয়া রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে এবং যাহার মধ্যে মৌলিক পদার্থের সমস্ত ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম বর্তমান থাকে তাহাই পরমাণু।

ডালটনের পরমাণুবাদের ভিত্তিতে রাসায়নিক সংযোগ সূত্রগুলির ব্যাখ্যা :

(ক) **পদার্থের অবিনাশিতা বা নিত্যতা সূত্র :** পরমাণুবাদ অনুসারে পদার্থমাত্রই উহার অসংখ্য পরমাণুর সমষ্টি। পরমাণুগুলির সুনির্দিষ্ট সমাবেশেই রাসায়নিক সংযোগ ঘটে এবং কোন রাসায়নিক বিক্রিয়াদ্বারা পরমাণুর সৃষ্টি বা লয় হয় না। অতএব কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী পরমাণুগুলির সংখ্যা রাসায়নিক পরিবর্তনের পূর্বে বা পরে একই থাকিবে, পরমাণুগুলি নূতনভাবে সজ্জিত হইবে মাত্র।

আবার পরমাণুর ওজন নির্দিষ্ট। যেহেতু পদার্থের পরিবর্তনে পরমাণুগুলি অপরিবর্তিত থাকে সেইজন্য উহাদের মোট ওজনেও কোন তারতম্য হওয়া সম্ভব নয়; অর্থাৎ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক পদার্থের ওজন এবং উৎপন্ন পদার্থের ওজন সমান। ইহাই ভরের নিত্যতা সূত্র।

(খ) **স্থিরানুপাত সূত্র :** ডালটনের মতে দুই বা ততোধিক মৌলের পরমাণুগুলির রাসায়নিক সংযোগেই যৌগের উৎপত্তি। যৌগ গঠনকালে উহার উপাদান মৌলের পরমাণুগুলি সুনির্দিষ্ট এবং পূর্ণ সংখ্যার সরল অনুপাতে যুক্ত হয়। আবার একই মৌলের প্রতিটি পরমাণুর ওজন একই অর্থাৎ নির্দিষ্ট।

মনে করি, A এবং B দুইটি মৌল রাসায়নিকভাবে মিলিত হইতে পারে এবং A মৌলের x সংখ্যক পরমাণু B মৌলের y সংখ্যক পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া A_xB_y যৌগ গঠিত হয়। মনে করি, A এবং B মৌল দুইটির এক একটি পরমাণুর ওজন যথাক্রমে a এবং b।

তাহা হইলে A_xB_y যৌগে x এবং y সর্বদাই নির্দিষ্ট পূর্ণ সংখ্যা। a এবং b সংখ্যা দুইটিও নির্দিষ্ট। সুতরাং A_xB_y যৌগে ax ভাগ ওজনের A এবং by ভাগ ওজনের B বর্তমান আছে। $\therefore$ A এবং B মৌলের ওজনের অনুপাত $\frac{ax}{by}$=ধ্রুবক। অর্থাৎ $A_x B_y$ যৌগে মৌল উপাদান A এবং B-এর ওজনের অনুপাত সর্বদাই নির্দিষ্ট। ইহাই স্থিরানুপাত সূত্র এবং দেখা যাইতেছে ডালটনের পরমাণুবাদের সাহায্যে ইহা প্রমাণ করা সম্ভব।

(গ) **গুণানুপাত সূত্র :** মনে করি, দুইটি মৌল A এবং B পরস্পর রাসায়নিকভাবে মিলিত হইয়া একাধিক যৌগ গঠন করে। তাহা হইলে যৌগগুলিতে ডালটনের মতবাদ অনুসারে A এবং B মৌলের পরমাণুগুলির নির্দিষ্ট সংখ্যার সমাবেশ হইবে এবং উহাদের পূর্ণ সংখ্যার সরল অনুপাতে যুক্ত হইবে।

মনে করি, A মৌলের একটি পরমাণু B মৌলের একটি পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া AB যৌগ উৎপন্ন করে, A মৌলের একটি পরমাণু B মৌলের দুইটি পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া AB_2 যৌগ গঠন করে এবং A মৌলের দুইটি পরমাণু B মৌলের তিনটি পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া A_2B_3 যৌগ সৃষ্টি করে।

ধরা হইল, A এবং B মৌলের এক একটি পরমাণুর ওজন যথাক্রমে a এবং b। যেহেতু একই মৌলের প্রতিটি পরমাণু ওজনে অভিন্ন, অতএব ওজন দুইটি a এবং b নির্দিষ্ট।

AB যৌগে—

a ভাগ ওজনের A মৌল b ভাগ ওজনের B মৌলের সহিত যুক্ত হয়।

AB_2 যৌগে—

a ভাগ ওজনের A মৌল $2b$ ভাগ ওজনের B মৌলের সহিত যুক্ত হয়, এবং

A_2B_3 যৌগে—

$2a$ ভাগ ওজনের A মৌল $3b$ ভাগ ওজনের B মৌলের সহিত যুক্ত হয়।

$\therefore$ a ভাগ ওজনের A মৌল $\frac{3}{2}$ ভাগ ওজনের B মৌলের সহিত যুক্ত হয়। সুতরাং

B মৌলের যে বিভিন্ন ওজনগুলি A মৌলের নির্দিষ্ট ওজন a ভাগের সহিত যুক্ত আছে তাহাদের অনুপাত—

$b : 2b : \frac{3b}{2}$ বা $1 : 2 : \frac{3}{2}$ বা $2 : 4 : 3$। ইহা একটি পূর্ণ সংখ্যার সরল অনুপাত। ডালটনতত্ত্বের সাহায্যে গুণানুপাত সূত্র প্রমাণিত হইল।

(ঘ) মিথোনুপাত সূত্র : মনে করি, a, b এবং c যথাক্রমে A, B এবং C মৌল তিনটির এক-একটি পরমাণুর ওজন। মনে করি, A মৌলের একটি পরমাণু B মৌলের একটি পরমাণুর সহিত সংযুক্ত হইয়া AB যৌগ গঠন করে এবং পৃথকভাবে A মৌলের একটি পরমাণু ও C মৌলের একটি পরমাণুর সংযোগে AC যৌগ গঠিত হয়। তাহা A মৌলের a ভাগ ওজন B মৌলের b ভাগ ওজনের সহিত এবং C মৌলের c ভাগ ওজনের সহিত মিলিত আছে। এখন যদি B এবং C যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে, তাহা হইলে (১) B মৌলের অন্ততঃ একটি পরমাণু C মৌলের অন্ততঃ একটি পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া BC যৌগ সৃষ্টি করিতে পারে, কেন না পরমাণুবাদ অনুসারে পরমাণু অবিভাজ্য। অথবা (২) B মৌলের x সংখ্যক পরমাণুর C মৌলের y সংখ্যক পরমাণুর মিলন ঘটিয়া B_xC_y যৌগ গঠিত হইতে পারে।

যেহেতু কোন মৌলের পরমাণুর ওজন স্থির, অতএব প্রথম ক্ষেত্রে BC যৌগে,

b ভাগ ওজনের B মৌল c ভাগ ওজনের C মৌলের সহিত সংযুক্ত। (অর্থাৎ যে যে পৃথক ওজনে B এবং C মৌল পৃথকভাবে A মৌলের একটি নির্দিষ্ট [a ভাগ] ওজনের সহিত মিলিত আছে।) দ্বিতীয় ক্ষেত্রে, B_xC_y যৌগে,

B মৌলের ওজনের $b \times x$ ভাগ যুক্ত হয় C মৌলের ওজনের cy ভাগের সহিত। $\therefore$ যে যে ওজনে B এবং C পৃথকভাবে নির্দিষ্ট পরিমাণ A-এর সহিত (a ভাগ) যুক্ত হয় যথাক্রমে তাহার x এবং y গুণিতকে নিজেরা মিলিত হইয়াছে। ইহাই মিথোনুপাত সূত্র এবং ডালটন পরমাণুবাদের সাহায্যে ইহা প্রমাণিত।

ডালটনের পরমাণুবাদের গুরুত্ব ও প্রয়োজনীয়তা :

(১) ডালটনের পরমাণুবাদই সর্বপ্রথম বৈজ্ঞানিক ভিত্তিতে পদার্থ কিভাবে গঠিত সেই সম্বন্ধে আলোকপাত করে। ইহা পদার্থের চরম কণিকা (ultimate particles) বা পরমাণুর কল্পনা করে এবং রাসায়নিক সংযোগে যৌগ গঠনকালে পরমাণুগুলির যে সুনির্দিষ্ট সমাবেশ ঘটে তাহা প্রথম এই পরমাণুতত্ত্ব হইতেই জানা যায়।

(২) ডালটনের পরমাণুবাদের সাহায্যে গ্যাসায়তন সূত্র ব্যতীত অন্যান্য রাসায়নিক সংযোগ সূত্রগুলি ব্যাখ্যা করা যায়।

(৩) একই মৌলের পরমাণুগুলি একই ওজন ও ধর্মবিশিষ্ট এই তথ্য জানিবার পর রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি সংকেত ও সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ করা সহজ হয়। কাল-ক্রমে পারমাণবিক গুরুত্ব সম্বন্ধে জ্ঞানলাভের পর রাসায়নিক গণনা সুবিধাজনক হয়।

(৪) "পরমাণুই রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অবিভাজ্য একক কণারূপে অংশগ্রহণ করে" ডালটনের এই সিদ্ধান্ত উন্নত রসায়ন বিজ্ঞানের মূল কথা বলিলে অত্যুক্তি হয় না।

ডালটনতত্ত্বের ত্রুটি : (১) ডালটনের মতানুসারে পদার্থমাত্রই পরমাণু-সমবায়ে গঠিত। ডালটন মৌলিক এবং যৌগিক পদার্থ উভয় ক্ষেত্রেই উহাদের ক্ষুদ্রতম কণাকে পরমাণু আখ্যা দেন। ফলে, ইহাতে অল্পকালের মধ্যেই কিছু বিভ্রান্তির সৃষ্টি হয়। (২) ডালটন পরমাণুবাদের ভিত্তিতে রাসায়নিক সংযোগ সূত্রাবলীর অন্যতম গে লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রের ব্যাখ্যা করা সম্ভব নহে। (৩) রসায়ন ও পদার্থবিজ্ঞানের বর্তমান অগ্রগতির যুগে পরমাণু সম্বন্ধে অনেক নূতন নূতন তথ্য আবিষ্কৃত হইয়াছে। পরমাণুই মৌলের অবিভাজ্য ক্ষুদ্রতম নিরেট কণা তাহা সঠিক নহে। পরমাণু যে ইলেকট্রন, প্রোটন,

নিউট্রন, পজিট্রন ইত্যাদি আরও ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণার সমষ্টি, তাহা প্রমাণিত হইয়াছে। মৌলের পরমাণুগুলি ওজনে ও ধর্মে অভিন্ন—আইসোটোপ, আইসোবারের আবিষ্কারের পর ডালটনের এই সিদ্ধান্তেরও সংশোধন প্রয়োজন হইয়াছে।

পারমাণবিক গুরুত্ব (Atomic weight) : ডালটনের পরমাণুবাদের একটি প্রধান স্বীকার্য বিষয় হইল প্রতি মৌলের পরমাণুর একটি নির্দিষ্ট ও স্থির ওজন আছে। পরমাণুগুলি অতি ক্ষুদ্র কণামাত্র এবং তাহাদের প্রকৃত ওজন অত্যন্ত কম। গণনায় দেখা গিয়াছে, সবচেয়ে হাল্কা মৌল হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর ওজন $1\cdot66 \times 10^{-24}$ গ্রাম এবং গুরুভার ইউরেনিয়ামের একটি পরমাণুর ওজন $3\cdot85 \times 10^{-22}$ গ্রাম। এই কল্পনাতীত ক্ষুদ্র ও কম ওজন সম্পন্ন পরমাণুগুলির ওজন প্রত্যক্ষভাবে নির্ণয় করা সম্পূর্ণ অসম্ভব। সেইজন্য বিজ্ঞানীরা অন্য পদ্ধতিতে পরমাণুর ওজন নির্ণয় করিবার ব্যবস্থা করেন এবং সেই পদ্ধতিতে একটি মৌলের পরমাণুর ওজনকে একক বা প্রমাণ (standard) ধরিয়া অন্য মৌলের পরমাণুর আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ধারণ করেন।

হাইড্রোজেন সর্বাপেক্ষা লঘু মৌলিক পদার্থ। সেইজন্য ডালটন (1803 খ্রীঃ) হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর ওজনকে 1 বা একক ধরিয়া অন্যান্য মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব স্থির করেন। এই পরিমাপে পারমাণবিক গুরুত্বের সংজ্ঞা নিম্নরূপ—

হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর ওজন 1 (একক) ধরিয়া **কোন মৌলিক পদার্থের একটি পরমাণু একটি হাইড্রোজেন পরমাণু হইতে যত গুণ ভারী, সেই সংখ্যাই ঐ মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব।**

নাইট্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব 14, ক্লোরিনের পারমাণবিক গুরুত্ব 35·5, সালফারের পারমাণবিক গুরুত্ব 32 অর্থে নাইট্রোজেন, ক্লোরিন ও সালফার মৌলগুলির এক একটি পরমাণু একটি হাইড্রোজেন পরমাণু হইতে যথাক্রমে 14, 35·5 এবং 32 গুণ ভারী বুঝায়। হাইড্রোজেনের পরমাণুর ওজনকে (হাইড্রোজেন=1) প্রমাণ হিসাবে ধরিয়া অন্যান্য মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে কতকগুলি অসুবিধা দেখা দেয়। সেইজন্য নির্ভুল পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ধারণের জন্য হাইড্রোজেন পরমাণুর পরিবর্তে অক্সিজেন পরমাণুর ওজনের অংশকে একক বস্তুরূপে ধরা হয় এবং অক্সিজেনের একটি পরমাণুর ওজন ধরা হয় 16·000। এই হিসাবে পারমাণবিক গুরুত্বের সংজ্ঞা এইরূপ :

একটি অক্সিজেন পরমাণুর ওজন 16·000 ধরিয়া উহার তুলনায় অপর কোন মৌলের একটি পরমাণুর ওজন যত, তাহাই ঐ মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব; অর্থাৎ একটি অক্সিজেন পরমাণুর ওজনের $\frac{1}{16}$ অংশের তুলনায় কোন মৌলিক পদার্থের একটি পরমাণু যত গুণ ভারী, সেই সংখ্যাই ঐ মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব।

$$\therefore \text{ পারমাণবিক গুরুত্ব} = \frac{\text{মৌলের একটি পরমাণুর ওজন}}{\text{একটি অক্সিজেন পরমাণুর ওজনের } \frac{1}{16} \text{ অংশ}}$$

$$= \frac{\text{মৌলের একটি পরমাণুর ওজন}}{\text{একটি অক্সিজেন পরমাণুর ওজন}} \times 16$$

ব্রোমিনের পারমাণবিক গুরুত্ব 80 অর্থে একটি ব্রোমিন পরমাণু একটি অক্সিজেন পরমাণুর ওজনের $\frac{1}{16}$ অংশ অপেক্ষা 80 গুণ ভারী বুঝায়। এই হিসাবে হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব 1·008, কার্বনের 12·01, নাইট্রোজেনের 14·008, সোডিয়ামের 22·997, সিলভারের 107·88, ক্লোরিনের 35·457।

মনে রাখিতে হইবে, পারমাণবিক গুরুত্ব বা ওজন বলিতে যাহা বুঝায় তাহা পরমাণুর সঠিক বা প্রকৃত ওজন নহে। ইহা একটি তুলনামূলক সংখ্যামাত্র। **সেইজন্য পারমাণবিক গুরুত্বের কোন একক (unit) নাই।**

অক্সিজেনকে একক বা প্রমাণ (standard) বস্তু হিসাবে গ্রহণ করিবার কারণ : (১) মৌলিক পদার্থ (বিশেষভাবে ধাতব মৌল) হাইড্রোজেন অপেক্ষা অক্সিজেনের সহিত সহজে রাসায়নিকভাবে যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে। (২) হাইড্রোজেন সর্বাপেক্ষা লঘু মৌল। উহাকে একক ধরিয়া অন্যান্য মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করিলে যতখানি ত্রুটি থাকিবার সম্ভাবনা থাকে, অক্সিজেনকে একক ধরিলে এই ত্রুটির পরিমাণ অনেক কম হয়। (৩) অক্সিজেন=16, এই পরিমাপে অন্যান্য মৌলিক পদার্থগুলির পারমাণবিক গুরুত্ব পূর্ণ সংখ্যার যত কাছে আসে, হাইড্রোজেন=1, এই হিসাবে প্রায়ই ততটা হয় না।

মৌলের পারমাণবিক গুরুত্বের সংজ্ঞা অন্যভাবেও দেওয়া যায়। **কোন মৌল হইতে অনেক যৌগ উৎপন্ন হইলে যৌগগুলির মধ্যে মৌলটির সর্বাপেক্ষা কম যে ওজন বর্তমান থাকে, তাহাই মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব।**

প্রাথমিক শিক্ষার্থীর সুবিধা ও সহজ গণনার জন্য এখনও হাইড্রোজেন=1 ধরা হয় এবং এই হিসাবে নাট্রোজেন=14, ক্লোরিন=35·5, কার্বন=12·00, সোডিয়াম=23, সিলভার=108 এইরূপে ব্যবহৃত হয়।

এখানে উল্লেখ থাকা প্রয়োজন, পারমাণবিক গুরুত্ব প্রকাশের জন্য 1961 খ্রীঃ রসায়ন-বিজ্ঞানীরা কার্বন পরমাণুকে প্রমাণ বস্তু হিসাবে গ্রহণ করার সিদ্ধান্ত নিয়াছেন। আধুনিক মতে একটি কার্বন পরমাণুর ওজন 12·00 ধরা হইয়াছে এবং উক্ত ওজনের $\frac{1}{12}$ অংশ পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ধারণের একক হিসাবে স্বীকৃতি লাভ করিয়াছে। সুতরাং পারমাণবিক গুরুত্বের বর্তমান সংজ্ঞা নিম্নরূপে প্রকাশ করা হয়।

একটি কার্বন পরমাণুর ওজনের $\frac{1}{12}$ অংশের তুলনায় অপর কোন মৌলের একটি পরমাণু যত গুণ ভারী, সেই সংখ্যাই ঐ মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব।

এই নূতন কার্বন-স্কেলে অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব 15·999415; পার্থক্য প্রায় নগণ্য বলিয়া এই স্তরের শিক্ষার্থীর পক্ষে ইহা বিবেচনা না করিলেও চলিবে। সমস্থানিক বা আইসোটোপ সম্বন্ধে আলোচনার পর এই নূতন স্কেল সম্বন্ধে বিশদভাবে এই পুস্তকের দ্বিতীয় খণ্ডে বলা হইয়াছে।

গ্রাম-পারমাণবিক গুরুত্ব বা গ্রাম-পরমাণু (Gram atomic weight or Gram-atom) : **পারমাণবিক গুরুত্বকে গ্রামে প্রকাশ করিলে তাহাকে গ্রাম পারমাণবিক গুরুত্ব বা গ্রাম-পরমাণু বলে।** ইহা একটি ওজনের পরিমাণ নির্দেশ করে বলিয়া ইহার একক থাকে। এক গ্রাম-পরমাণু অক্সিজেন বলিতে 16 গ্রাম অক্সিজেন বুঝায়। এইভাবে এক গ্রাম-হাইড্রোজেন=1·008 গ্রাম হাইড্রোজেন, এক গ্রাম পরমাণু কার্বন=12·00 গ্রাম কার্বন।

পারমাণবিক ভর একক (Atomic mass unit বা a.m.u.) : অধুনা কোন নির্দিষ্ট মৌলের একটি পরমাণুর ভর প্রকাশ করিবার জন্য পারমাণবিক ভর একক ব্যবহৃত হয় যেখানে—

$$1 \text{ পারমাণবিক ভর একক (a.m.u.)} = \frac{1}{6\cdot023\times10^{23}} \text{ গ্রাম}$$

$$=1\cdot6603\times10^{-24} \text{ গ্রাম}$$

=একটি অক্সিজেন পরমাণুর ভরের $\frac{1}{16}$ অংশ বা একটি কার্বন পরমাণুর ভরের $\frac{1}{12}$ অংশ।

এই হিসাবে, একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ভর=1·008 a.m.u.

$$=1\cdot008\times1\cdot6603\times10^{-24} \text{ গ্রাম}=1\cdot673\times10^{-24} \text{ গ্রাম।}$$

একটি অক্সিজেন পরমাণুর ভর=16 a.m.u.

$$=16\cdot0\times1\cdot6603\times10^{24} \text{ গ্রাম} =2\cdot66\times10^{-23} \text{ গ্রাম।}$$

গাণিতিক উদাহরণ
(স্থিরানুপাত সূত্র সম্বন্ধীয়)

(১) বিভিন্ন পদ্ধতিতে প্রস্তুত সিলভার ক্লোরাইডের বিশ্লেষণ ফল নিম্নরূপ :

(অ) প্রথম পদ্ধতিতে প্রাপ্ত 79·95 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড হইতে 60·18 গ্রাম সিলভার পাওয়া যায়।

(আ) দ্বিতীয় পদ্ধতিতে প্রাপ্ত 108·155 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড হইতে 81·4118 গ্রাম সিলভার পাওয়া যায়।

(ই) তৃতীয় পদ্ধতিতে প্রাপ্ত 69·66 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড হইতে 52·423 গ্রাম সিলভার পাওয়া যায়।

প্রমাণ কর উক্ত ফলগুলি স্থিরানুপাত সূত্র সম্মত।

উত্তর : প্রশ্নানুসারে,

(অ) 79·95 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইডে 60·18 গ্রাম সিলভার আছে।

$\therefore$ 100 " " " $\frac{60\cdot18 \times 100}{79\cdot95}$ বা 75·27 গ্রাম সিলভার আছে।

$\therefore$ ঐ পরিমাণ সিলভার ক্লোরাইডে (100 − 75·27) বা 24·73 গ্রাম ক্লোরিন আছে।

(আ) 108·155 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইডে 81·4118 গ্রাম সিলভার আছে।

$\therefore$ 100 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইডে $\frac{81\cdot4118 \times 100}{108\cdot155}$ বা 75·27 গ্রাম সিলভার আছে।

$\therefore$ ঐ পরিমাণ সিলভার ক্লোরাইডে ক্লোরিন আছে 24·73 গ্রাম।

(ই) একইভাবে দেখানো যায় তৃতীয় পদ্ধতিতে প্রাপ্ত 100 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইডে 75·255 গ্রাম সিলভার এবং 24·745 গ্রাম ক্লোরিন আছে।

প্রতিক্ষেত্রেই দেখা যাইতেছে শতকরা হিসাবে সিলভার ও ক্লোরিনের ওজনের অনুপাত স্থির আছে। সুতরাং ফলগুলি স্থিরানুপাত সূত্র সম্মত।

(২) (অ) 1·316 গ্রাম জিঙ্ক বায়ুতে উত্তপ্ত করিয়া 1·6394 গ্রাম জিঙ্ক অক্সাইড পাওয়া গেল। (আ) 1·30 গ্রাম জিঙ্ক নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করা হইল। উৎপন্ন জিঙ্ক নাইট্রেট উত্তাপ প্রয়োগে বিয়োজিত করিয়া 1·620 গ্রাম জিঙ্ক অক্সাইড উৎপন্ন হইল। (ই) 2·646 গ্রাম জিঙ্ক অক্সাইডের একটি নমুনা লইয়া উত্তপ্ত অবস্থায় হাইড্রোজেন গ্যাস দ্বারা বিজারিত করিলে 2·124 গ্রাম জিঙ্ক পাওয়া গেল। দেখাও, উক্ত ফলগুলি স্থিরানুপাত সূত্র সমর্থন করে।

উত্তর :—(অ) প্রশ্নানুসারে উৎপন্ন জিঙ্ক অক্সাইডের ওজন $=1\cdot6394$ গ্রাম

জিঙ্কের ওজন $=1\cdot316$ গ্রাম

$\therefore$ জিঙ্ক অক্সাইডে অক্সিজেনের ওজন $=(1\cdot6394-1\cdot316)$ গ্রাম $=0\cdot3234$ গ্রাম

$\therefore$ $\dfrac{\text{জিঙ্কের ওজন}}{\text{অক্সিজেনের ওজন}}=\dfrac{1\cdot316}{0\cdot3234}=4\cdot069$

(আ) উৎপন্ন জিঙ্ক অক্সাইডের ওজন $=1\cdot620$ গ্রাম

ব্যবহৃত জিঙ্কের ওজন $=1\cdot30$ গ্রাম

$\therefore$ জিঙ্ক অক্সাইডে অক্সিজেনের ওজন $=(1\cdot620-1\cdot30)$ গ্রাম বা $0\cdot320$ গ্রাম।

$\therefore$ $\dfrac{\text{জিঙ্কের ওজন}}{\text{অক্সিজেনের ওজন}}=\dfrac{1\cdot30}{0\cdot320}=4\cdot062$

(ই) জিঙ্ক অক্সাইডের ওজন $=2\cdot646$ গ্রাম ; প্রাপ্ত জিঙ্কের ওজন $=2\cdot124$ গ্রাম

$\therefore$ অক্সিজেনের ওজন $=(2\cdot646-2\cdot124)$ গ্রাম বা $0\cdot522$ গ্রাম

$\therefore$ $\dfrac{\text{জিঙ্কের ওজন}}{\text{অক্সিজেনের ওজন}}=\dfrac{2\cdot124}{0\cdot522}=4\cdot069$

উক্ত ফলগুলি হইতে দেখা যায় বিভিন্ন পদ্ধতিতে প্রাপ্ত জিঙ্ক অক্সাইডে জিঙ্ক ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত সর্বদা নির্দিষ্ট। সুতরাং ইহা স্থিরানুপাত সূত্রসম্মত।

(৩) জানা আছে (অ) $0\cdot36$ গ্রাম কোন ধাতুকে বায়ুতে দহনের ফলে $0\cdot60$ গ্রাম ধাতব অক্সাইড উৎপন্ন হয়। (আ) ঐ ধাতুর কার্বনেটের $28\cdot57\%$ ধাতু বিদ্যমান।

1 গ্রাম ধাতব কার্বনেটকে উত্তপ্ত করিলে কি পরিমাণ ধাতব অক্সাইড পাওয়া যাইবে তাহা স্থিরানুপাত সূত্রানুসারে স্থির কর।

প্রশ্নানুসারে, ধাতব অক্সাইডের ওজন $=0\cdot60$ গ্রাম এবং ধাতুর ওজন $=0\cdot36$ গ্রাম

$\therefore$ অক্সিজেনের ওজন $=(0\cdot60-0\cdot36)$ গ্রাম বা $0\cdot24$ গ্রাম

অর্থাৎ ধাতব অক্সাইডে, $\dfrac{\text{ধাতুর ওজন}}{\text{অক্সিজেনের ওজন}}=\dfrac{0.36}{0\cdot24}=\dfrac{3}{2}$

আবার, 100 গ্রাম ধাতব কার্বনেটে ধাতুর পরিমাণ $=28\cdot57$ গ্রাম

$\therefore$ 1 " " " " " $=0\cdot2857$ গ্রাম

স্থিরানুপাত সূত্র অনুযায়ী ভিন্ন ভিন্ন উপায়ে উৎপন্ন ধাতব অক্সাইডে ধাতু ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত নির্দিষ্ট অর্থাৎ 3 : 2.

$\therefore$ $\dfrac{\text{ধাতুর ওজন}}{\text{অক্সিজেনের ওজন}}=\dfrac{3}{2}$ বা $\dfrac{0\cdot2857}{\text{অক্সিজেনের ওজন}}$

$\therefore$ অক্সিজেনের ওজন $=\dfrac{2\times0\cdot2857}{3}=0\cdot1905$ গ্রাম

$\therefore$ 1 গ্রাম কার্বনেট হইতে প্রাপ্ত অক্সাইডের ওজন $=(0\cdot2857+0\cdot1905)$ গ্রাম

$=0\cdot4762$ গ্রাম।

(গুণানুপাত সূত্র সম্বন্ধীয়)

(৪) ফসফসরাসের তিনটি অক্সাইড যৌগে ফসফরাসের শতকরা মাত্রা যথাক্রমে 43·668, 49·212 এবং 56·365. ইহা একটি গুণানুপাত স্থত্রের উদাহরণ—প্রমাণ কর।

প্রথম অক্সাইডে ফসফরাস = 43·668% ∴ অক্সিজেন = (100 − 43·668) বা 56·332%

দ্বিতীয় অক্সাইডে ফসফরাস = 49·212% ∴ অক্সিজেন = (100 − 49·212) বা 50·788%

তৃতীয় অক্সাইডে ফসফরাস = 56·365% ∴ অক্সিজেন = (100 − 56·365) বা 43·635%

প্রথম অক্সাইডে—
43·668 গ্রাম ফসফরাস যুক্ত আছে 56·332 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত

∴ 1 " " " " $\frac{56\cdot332}{43\cdot668}$ বা 1·29 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত।

দ্বিতীয় অক্সাইডে—
49·212 গ্রাম ফসফসরাস যুক্ত আছে 50·788 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত

∴ 1 " " " " $\frac{50\cdot788}{49\cdot212}$ বা 1·032 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত।

তৃতীয় অক্সাইডে—
56·365 গ্রাম ফসফরাস যুক্ত আছে 43·635 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত।

∴ 1 " " " " $\frac{43\cdot635}{56\cdot365}$ বা 0·774 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত।

∴ ফসরাসের নির্দিষ্ট ওজনের (1 গ্রাম) সহিত যুক্ত অক্সিজেনের বিভিন্ন ওজনের অনুপাত 1·29 : 1·032 : 0·774 বা, 5 : 4 : 3. ইহা পূর্ণ সংখ্যার সরল অনুপাত। ∴ উপরের ফলগুলি গুণানুপাত স্থত্রের উদাহরণ হিসাবে গ্রহণযোগ্য।

পক্ষান্তরে অক্সিজেনের নির্দিষ্ট ওজনের সহিত যুক্ত ফসফরাসের বিভিন্ন ওজনের অনুপাত বাহির করিয়াও গুণানুপাত স্থত্র সমর্থন করা সম্ভব হইবে।

(৫) কোন একটি ধাতু দুইটি অক্সাইড গঠন করে। উহাদের প্রত্যেকটির 1 গ্রাম লইয়া পৃথকভাবে হাইড্রোজেন গ্যাসের মধ্যে উত্তপ্ত করিলে 0·798 গ্রাম এবং 0·88 গ্রাম ধাতু উৎপন্ন হয়। পরীক্ষার ফল যে গুণানুপাত স্থত্র সম্মত তাহা দেখাও।

আমরা জানি, ধাতব অক্সাইডকে হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে অক্সিজেন অপসারিত হইয়া ধাতু উৎপন্ন হয়। এখানে প্রতি ক্ষেত্রে 1 গ্রাম ধাতব অক্সাইড লওয়া হইয়াছে। স্থতরাং প্রথম অক্সাইডে (1 − 0·798) বা 0·202 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত আছে 0·798 গ্রাম ধাতুর সহিত।

$\therefore$ 1 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত আছে $\frac{0 \cdot 798}{0 \cdot 202} = 3 \cdot 95$ গ্রাম ধাতুর সহিত।

দ্বিতীয় অক্সাইডে—

$(1 - 0 \cdot 888)$ বা $0 \cdot 112$ গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত আছে $0 \cdot 888$ গ্রাম ধাতুর সহিত।

$\therefore$ 1 অক্সিজেন যুক্ত আছে $\frac{0 \cdot 888}{0 \cdot 112} = 7 \cdot 9$ গ্রাম ধাতুর সহিত।

$\therefore$ অক্সিজেনর নির্দিষ্ট ওজন (1 গ্রাম)-এর সহিত ধাতুর যে যে ওজন যুক্ত আছে সেই ওজনগুলির অনুপাত $3 \cdot 95 : 7 \cdot 9$ বা $1 : 2$। ইহা একটি পূর্ণ সংখ্যার সরল অনুপাত। $\therefore$ পরীক্ষার ফল গুণানুপাত সূত্র-সম্মত।

(৬) 'M' ধাতুর দুইটি অক্সাইডের প্রত্যেকটির 1 গ্রাম লইয়া নিত্য ওজন পাওয়া পর্যন্ত হাইড্রোজেন গ্যাসের প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে যথাক্রমে 0·12585 গ্রাম ও 0·2264 গ্রাম জল পাওয়া যায়। দেখাও যে তথ্যগুলি গুণানুপাত সূত্র-সম্মত।

'M' ধাতুর প্রথম অক্সাইডের 1 গ্রাম হইতে 0·12585 গ্রাম জল পাওয়া যায়। আমরা জানি, 18 গ্রাম জলে অক্সিজেন থাকে 16 গ্রাম

$\therefore$ 0·12585 " " " " $\frac{16 \times 0 \cdot 12585}{18} = 0 \cdot 1119$ গ্রাম (প্রায়)

'M' ধাতুর প্রথম অক্সাইডের 1 গ্রামে অক্সিজেন 0·1119 গ্রাম

$\therefore$ ধাতু $(1 - 0 \cdot 1119)$ বা 0·8881 গ্রাম।

$\therefore$ 0·8881 গ্রাম ধাতুর সহিত যুক্ত অক্সিজেন 0·1119 গ্রাম

$\therefore$ 1 " " " " " $\frac{1 \cdot 1119}{0 \cdot 8881}$ গ্রাম

বা, 0·126 গ্রাম (প্রায়)।

'M' ধাতুর দ্বিতীয় অক্সাইডের 1 গ্রাম হইতে 0·2264 গ্রাম জল পাওয়া যায়।

$\therefore$ 0·2264 গ্রাম জলে অক্সিজেন আছে $\frac{16 \times 0 \cdot 2264}{18} = 0 \cdot 2013$ গ্রাম (প্রায়)

'M' ধাতুর দ্বিতীয় অক্সাইডে ধাতু আছে $(1 - 0 \cdot 2013)$ গ্রাম $= 0 \cdot 7987$ গ্রাম।

এক্ষেত্রে 0·7987 গ্রাম ধাতুর সহিত যুক্ত অক্সিজেন 0·2013 গ্রাম

$\therefore$ 1 গ্রাম ধাতুর সহিত যুক্ত অক্সিজেন $\frac{0 \cdot 2013}{0 \cdot 7987}$ বা 0·252 গ্রাম (প্রায়)

$\therefore$ 'M' ধাতুর অক্সাইডদ্বয়ে ধাতুর নির্দিষ্ট ওজন 1 গ্রামের সহিত অক্সিজেন যে যে ওজনে যুক্ত হয় সেই ওজন দুইটির অনুপাত $0 \cdot 126 : 0 \cdot 252$ বা $1 : 2$.

ইহা একটি সরল অনুপাত। $\therefore$ প্রমাণিত হইল তথ্যগুলি গুণানুপাত সূত্রসম্মত।

পক্ষান্তরে অক্সিজেনের নির্দিষ্ট ওজনে (1 গ্রাম) ধাতু যে যে ওজনে যুক্ত হয় সেই ওজন দুইটির অনুপাত হিসাব করিলে উহা $2 : 1$ হইবে।

(৭) 'M' ধাতুর দুইটি অক্সাইডের প্রত্যেকটির 2 গ্রাম লইয়া নিত্য ওজন পাওয়া পর্যন্ত হাইড্রোজেন গ্যাসের মধ্যে উত্তপ্ত করা হইল এবং উভয় ক্ষেত্রে উৎপন্ন জলের

ওজন দেখা গেল যথাক্রমে 0·2517 গ্রাম এবং 0·4528 গ্রাম। শেষের অক্সাইডটির সঙ্কেত MO হইলে অপরটির সঙ্কেত নির্ণয় কর।

'M' ধাতুর অক্সাইড দুইটির প্রত্যেকটির 2 গ্রাম হইতে যথাক্রমে 0·2517 গ্রাম এবং 0·4528 গ্রাম জল পাওয়া গেল। ∴ ধাতুর অক্সাইডদ্বয়ের 1 গ্রাম হইতে যথাক্রমে 0·2517/2 গ্রাম এবং 0·4528/2 গ্রাম, অর্থাৎ 0·12585 গ্রাম এবং 0·2264 গ্রাম জল পাওয়া যাইবে।

অতঃপর পূর্ববর্তী (৬ নং) উদাহরণ অনুসারে প্রথম অক্সাইডের 1 গ্রামে অক্সিজেন =0·1119 গ্রাম এবং ধাতু 0·8881 গ্রাম। দ্বিতীয় অক্সাইডের 1 গ্রামে অক্সিজেন= 0·2013 গ্রাম এবং ধাতু 0·7987 গ্রাম।

দেওয়া আছে, দ্বিতীয় অক্সাইডের সঙ্কেত=MO

অর্থাৎ $\frac{\text{M-এর পরমাণুসংখ্যা}}{\text{O-এর পরমাণুসংখ্যা}}=\frac{1}{1}=\frac{0\cdot7987/A}{0\cdot2013/16}$ [A=M ধাতুর পারমাণবিক গুরুত্ব ; 16=অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব]

∴ $A=63\cdot49$

এখন প্রথম অক্সাইডে, $\frac{\text{M-এর পরমাণুসংখ্যা}}{\text{O-এর পরমাণুসংখ্যা}}=\frac{0\cdot8881/63\cdot49}{0\cdot1119/16}=\frac{2}{1}$

∴ প্রথম অক্সাইডের সঙ্কেত M_2O.

(মিথোনুপাত সূত্র সম্পর্কিত)

(৮) তিনটি যৌগের বিশ্লেষণফল এইরূপ—ফসফিন যৌগে (PH_3) ফসফরাস 91·1% এবং হাইড্রোজেন 8·9% ; জলে অক্সিজেন 88·8% এবং হাইড্রোজেন 11·2% এবং ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইডে (P_2O_3) ফসফরাস 56·4% এবং অক্সিজেন 43·6%। পারমাণবিক গুরুত্বের সাহায্য ছাড়া দেখাও এই ফলগুলি মিথোনুপাত সূত্র সমর্থন করে।

ফসফিন যৌগে 8·9 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন যুক্ত হয় 91·1 ভাগ ওজনের ফসফরাসের সহিত

জলে 11·2 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন যুক্ত হয় 88·8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সহিত

∴ 8·9 " " " " " $\frac{88\cdot8\times8\cdot9}{11\cdot2}$ বা 70·56 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সহিত। ∴ নির্দিষ্ট পরিমাণ ওজন (8·9 ভাগ) হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত ফসফরাস ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত=$\frac{91\cdot1}{70\cdot56}$

ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইডে—

ফসফরাসের ওজন=56·4 ভাগ ; অক্সিজেনের ওজন=43·6 ভাগ

∴ ফসফরাস ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত $\frac{56\cdot4}{43\cdot6}$

∴ দুইটি ওজন অনুপাত $\frac{91\cdot1}{70\cdot56}$ এবং $\frac{56\cdot4}{43\cdot6}$ বা 1·29 এবং 1·29

ওজন দুইটির সম্পর্ক 1 : 1 অর্থাৎ ইহারা সমান। সুতরাং নির্দিষ্ট পরিমাণ হাইড্রোজেনের সহিত ফসফরাস ও অক্সিজেন পৃথকভাবে যে ওজনে যুক্ত হয় সেই ওজন অনুপাতে নিজেরা যুক্ত হইয়াছে। ইহা মিথোনুপাত সূত্র সমর্থন করে।

(৯) 2 গ্রাম হাইড্রোজেন যথাক্রমে 16 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া জল এবং 6 গ্রাম কার্বনের সহিত যুক্ত হইয়া মিথেন যৌগ উৎপন্ন করে। কার্বন ডাই-অক্সাইডে দেখা যায় 12 গ্রাম কার্বন 32 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয়। দেখাও, এই সংখ্যাগুলি মিথোনুপাত সূত্র সমর্থন করে।

নির্দিষ্ট পরিমাণ হাইড্রোজেনের (2 গ্রাম) সহিত যুক্ত কার্বন ও অক্সিজেনের অনুপাত 6 : 16। কার্বন ডাই-অক্সাইড যৌগে কার্বন ও অক্সিজেন পরস্পরের সহিত যে ওজন অনুপাতে সংযুক্ত হয় তাহা 12 : 32 অর্থাৎ 6 : 16. ∴ ইহা মিথোনুপাত সূত্র-সম্মত।

(১০) কার্বন ডাই-অক্সাইডে এবং অ্যালুমিনিয়াম কার্বাইডে ওজন হিসাবে কার্বন যথাক্রমে শতকরা 27·27 ভাগ এবং 25 ভাগ আছে। অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায় ইহাতে অক্সিজেন 47% বিদ্যমান। দেখাও, এই ফলগুলি মিথোনুপাত সূত্র সমর্থন করে।

কার্বন ডাই-অক্সাইডে অক্সিজেনের পরিমাণ (100—27·27) বা 72·73 ভাগ

∴ 27·27 ভাগ কার্বন যুক্ত আছে 72·73 ভাগ অক্সিজেনের সহিত

সুতরাং 1 " " " " $\frac{72 \cdot 73}{27 \cdot 27}$ বা 2·66 " "

অ্যালুমিনিয়াম কার্বাইড যৌগে অ্যালুমিনিয়ামের পরিমাণ (100—25) বা 75 ভাগ

∴ 25 ভাগ কার্বন যুক্ত আছে 75 ভাগ অ্যালুমিনিয়ামের সহিত

∴ 1 " " " " $\frac{75}{25}$ বা 3 " " "

সুতরাং নির্দিষ্ট পরিমাণ (1 ভাগ) কার্বনের সহিত যুক্ত অক্সিজেন ও অ্যালুমিনিয়ামের ওজনের অনুপাত 2·66 : 3 বা 1 : 1·12 ; মিথোনুপাত সূত্র প্রযোজ্য হইলে অক্সিজেন ও অ্যালুমিনিয়াম উপরিউক্ত ওজন অনুপাতে মিলিত হইবে।

অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের বিশ্লেষণে বুঝা যাইতেছে, অক্সিজেন ও অ্যালুমিনিয়ামের ওজন অনুপাত 47 : (100—47) বা 47 : 53 বা 1 : 1·12

∴ ফলগুলি মিথোনুপাত সূত্র সমর্থক।

তৃতীয় অধ্যায়

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প ও অণুবাদ

(Avogadro's Hypothesis and Molecular Theory)

[**Syllabus** : Concept of Molecule and Avogadro's Hypothesis. Definition of molecular weight, simple deductions from Avogadro's Hypothesis, Avogadro's Number (Determination excluded). Mole concept]

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের সূচনা : ডালটনের পরমাণুবাদ-মতে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিভিন্ন মৌলের পরমাণু সরল সংখ্যার অনুপাতে মিলিত হইয়া যৌগের ক্ষুদ্রতম অংশ বা যৌগিক পরমাণুর সৃষ্টি করে। ডালটন অণুর কল্পনা করেন নাই।

প্রায় একই সময়ে গে লুসাক গ্যাসায়তন সূত্র প্রচার করেন। এই সূত্র অনুসারে একই উষ্ণতা ও চাপে গ্যাসীয় পদার্থের মধ্যে বিক্রিয়া উহাদের আয়তনের সরল সংখ্যার অনুপাতে ঘটে। এই উভয় তথ্যের মধ্যে সাদৃশ্যের ভিত্তিতে বার্জেলিয়াস গ্যাসের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় উহাদের আয়তন ও পরমাণু সংখ্যার মধ্যে একটি সরল সম্বন্ধ স্থাপনে সচেষ্ট হন। তিনি ডালটনের পরমাণুবাদ ও গে লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রের সমন্বয় বিধানে একটি প্রকল্প দেন, তাহা নিম্নরূপ—

"একই উষ্ণতা ও চাপে সমায়তন সকল গ্যাসেই সমসংখ্যক পরমাণু বিদ্যমান।" কিন্তু এই প্রকল্প দ্বারা প্রকৃত পরীক্ষার ফল ব্যাখ্যা করিলে দেখা যায়, বার্জেলিয়াসের সিদ্ধান্ত নির্ভুল নহে এবং ইহা পরমাণুবাদের গোড়ার কথা অর্থাৎ পরমাণু যে অবিভাজ্য, এই সত্যের বিরুদ্ধাচরণ করে। প্রকৃত পরীক্ষায় জানা যায়, একই উষ্ণতা ও চাপে 1 আয়তন হাইড্রোজেন ও 1 আয়তন ক্লোরিন মিলিত হইয়া 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

মনে করি, 1 আয়তন হাইড্রোজেনে n সংখ্যক পরমাণু আছে ; তাহা হইলে এই প্রকল্প অনুসারে

n পরমাণু হাইড্রোজেন + n পরমাণু ক্লোরিন = $2n$ পরমাণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড।

বা 1 " " + 1 " " = 2 পরমাণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড

∴ 1 " " + $\frac{1}{2}$ " " = 1 পরমাণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড।

অর্থাৎ, 1 পরমাণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে অর্ধপরমাণু হাইড্রোজেন ও অর্ধপরমাণু ক্লোরিন বিদ্যমান। অতএব এই প্রকল্প-মতে পরমাণুগুলি বিভাজ্য হইতে হয়, কিন্তু ডালটনের মতে ইহা অসম্ভব। সুতরাং বার্জেলিয়াস প্রকল্প দ্বারা গে লুসাক সূত্র ও ডালটনের পরমাণুবাদের সামঞ্জস্যবিধান সম্ভব হইল না।

হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের রাসায়নিক সংযোগে স্টীম-গঠন পরীক্ষা করিলেও এই প্রকল্পের যৌক্তিকতা স্বীকার করা যায় না। একই উষ্ণতা ও চাপে 2 আয়তন হাইড্রোজেন ও 1 আয়তন অক্সিজেন মিলিত হইয়া 2 আয়তন স্টীম উৎপন্ন হয়।

মনে করি, 1 আয়তন হাইড্রোজেনে n সংখ্যক পরমাণু আছে। তাহা হইলে এই প্রকল্প অনুসারে,

$2n$ পরমাণু হাইড্রোজেন $+n$ পরমাণু অক্সিজেন $=2n$ পরমাণু স্টীম।

$\therefore$ 2 " " $+1$ " " $=2$ " "

$\therefore$ 1 " " $+\frac{1}{2}$ " " $=1$ " "

$\therefore$ 1 পরমাণু স্টীমে 1 পরমাণু হাইড্রোজেন এবং $\frac{1}{2}$ পরমাণু অক্সিজেন বিদ্যমান। কিন্তু ডালটনের মতে কোন পরমাণু বিভাজ্য হইতে পারে না।

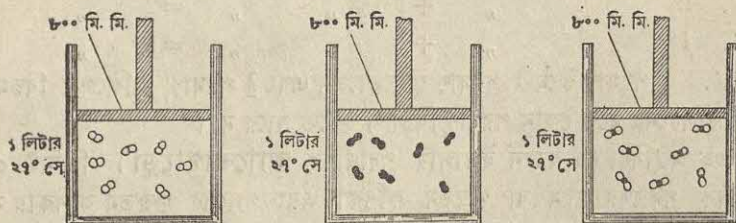
এই অসুবিধা দূর করেন ইতালীয় পদার্থবিদ্ **অ্যাভোগাড্রো**। তিনিই প্রথম মৌলিক পদার্থের চরম বা ক্ষুদ্রতম কণিকা এবং গ্যাসের ক্ষুদ্রতম কণিকার মধ্যে পার্থক্য কল্পনা করিয়া **'অণুবাদ'** (molecular theory) প্রবর্তন করেন। তিনিই প্রথম বিজ্ঞানী যিনি অণুর অস্তিত্ব কল্পনা করেন। তাঁহার মতে পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণাগুলি দুই প্রকার—পরমাণু এবং অণু (atom and molecule)।

চিত্র ১(১১)—অ্যাভোগাড্রো

মৌলিক পদার্থের চরম কণিকা বা ক্ষুদ্রতম অংশ যাহা রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ-গ্রহণ করে, যাহার স্বাধীন সত্তা নাও থাকিতে পারে, তাহাই **পরমাণু**। আবার মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণিকা, যাহা স্বাধীনভাবে অবস্থান করিতে পারে এবং যাহাতে পদার্থের নিজস্ব সকল ধর্ম বর্তমান থাকে তাহাই **অণু**। অণুগুলি দুই বা ততোধিক মৌলিক অবিভাজ্য পরমাণুর সমবায়ে গঠিত। সেইজন্য অণু বিভাজ্য হইতে পারে, কিন্তু পরমাণু অবিভাজ্য। পদার্থমাত্রই (মৌলিক বা যৌগিক) ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র অণুর সমষ্টি। তাঁহার মতে, গ্যাসের মধ্যে স্বাধীন সত্তাবিশিষ্ট ক্ষুদ্রতম কণা পরমাণু নহে, উহা অণু। বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী বিভিন্ন গ্যাসের আয়তনের সহিত উহাদের অণুসংখ্যার সম্পর্ক আছে। অতঃপর তিনি বার্জেলিয়াসের সিদ্ধান্ত সংশোধন করিয়া একটি নূতন প্রকল্প দেন। ইহা অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প (Avogadro's Hypothesis) নামে খ্যাত।

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প ঃ "একই তাপমাত্রা ও চাপে সমআয়তন সকল গ্যাসেই (মৌলিক ও যৌগিক) সমসংখ্যক অণু থাকে।"

এই প্রকল্প অনুসারে একই চাপ ও তাপমাত্রায় 1 লিটার হাইড্রোজেনে যদি n-সংখ্যক হাইড্রোজেন অণু থাকে তবে ঐ চাপ ও তাপমাত্রায় 1 লিটার অক্সিজেনে, 1 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইডে, 1 লিটার হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে উহাদের অণুর সংখ্যা হইবে n। তিনটি পাত্রে তিনটি বিভিন্ন গ্যাস লইয়া পরপৃষ্ঠার চিত্রে ইহা বুঝানো হইল।

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের সত্যতা ঃ এই প্রকল্প দ্বারা বার্জেলিয়াসের সিদ্ধান্তের অসুবিধা অপসারিত হয়। প্রকৃতপক্ষে ইহা গে লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র ও ডালটনের তত্ত্বের সমন্বয় সাধন করে।

চিত্র ১ (১২)—একই তাপমাত্রা ও চাপে বিভিন্ন গ্যাসে সম-সংখ্যক অণু

পরীক্ষায় জানা যায়, একই চাপ ও তাপমাত্রায় 1 আয়তন হাইড্রোজেন ও 1 আয়তন ক্লোরিনের সংযোগে 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প মতে যদি সম আয়তন বিভিন্ন গ্যাসে n-সংখ্যক অণু থাকে তবে,

n অণু হাইড্রোজেন $+$ n-অণু ক্লোরিন $=2n$ অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড।

$\therefore$ 1 ,, ,, $+1$,, ,, $=2$ অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড।

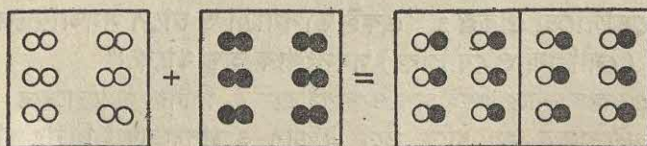
$\therefore$ $\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন $+\frac{1}{2}$ অণু ক্লোরিন $=1$ অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড।

অর্থাৎ 1 অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে $\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন ও $\frac{1}{2}$ অণু ক্লোরিন থাকিবে। ইহা ডালটনের পরমাণুবাদের বিরুদ্ধাচরণ করে না, কেননা, পরমাণু অবিভাজ্য হইলেও অণু বিভাজ্য হইতে পারে। পরে অবশ্য অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প ও অন্যান্য পরীক্ষা দ্বারা দেখানো হইয়াছে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের অণু তাহাদের দুইটি করিয়া পরমাণু দ্বারা গঠিত।

$\therefore$ $\frac{1}{2}$ অণু $=1$ পরমাণু (হাইড্রোজেন বা ক্লোরিন)।

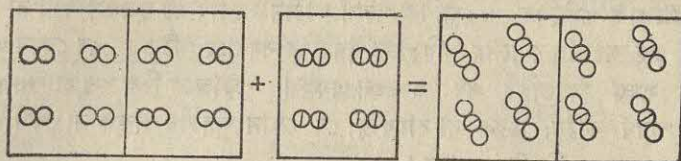
এই প্রকল্প অনুসারে গ্যাসীয় অণুগুলি বিক্রিয়াকালে প্রথমে পরমাণুতে বিশ্লিষ্ট হয় এবং পরে উহাদের পরমাণুগুলি সরল সংখ্যার অনুপাতে যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে।

নিম্নের চিত্র দ্বারা এই বিষয়টি সহজে বুঝানো যায়—

1 আয়তন হাইড্রোজেন $+1$ আয়তন ক্লোরিন $=2$ আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড।

এক পরমাণু হাইড্রোজেন = ○ ; এক পরমাণু ক্লোরিন = ● ; এক অণু হাইড্রোজেন = ○○

এক অণু ক্লোরিন = ●● ; এক অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড = ○●

চিত্র ঃ ১ (১৩)

2 আয়তন হাইড্রোজেন + 1 আয়তন অক্সিজেন = 2 আয়তন ষ্টীম।

চিত্র : ১ (১৪)

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের সাহায্যে গে লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রের ব্যাখ্যা :

মনে করি, A এবং B দুইটি গ্যাস পরস্পর মিলিত হইয়া A এবং B-এর একটি যৌগ উৎপন্ন করে। আরও মনে করি, 'A' গ্যাসের x-সংখ্যক অণু 'B' গ্যাসের y-সংখ্যক অণুর সহিত যুক্ত হইয়া A এবং B-এর যৌগ গঠন করে। এখানে x এবং y উভয়ই সরল পূর্ণ সংখ্যা। ধরা যাউক, অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে একই চাপ ও তাপমাত্রায় 1 মি. লি. প্রতি গ্যাসে n-সংখ্যক অণু আছে, সুতরাং A গ্যাসের x-সংখ্যক অণু আছে $\frac{x}{n}$ মি. লি. আয়তনের গ্যাসে এবং B গ্যাসের y- সংখ্যক অণু আছে $\frac{y}{n}$ মি. লি. আয়তন গ্যাসে। সুতরাং বিক্রিয়াকারী গ্যাস দুইটির আয়তনের অনুপাত $\frac{x}{n} : \frac{y}{n} = x : y$ এবং ইহারা সরল পূর্ণ সংখ্যা। ইহা হইতে এই সিদ্ধান্তে আসা যায় যে, গ্যাসীয় পদার্থ উহাদের আয়তনের সরল অনুপাতে বিক্রিয়া করে। ইহাই গে লুসাকের **গ্যাসায়তন সূত্র।**

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের পরিপ্রেক্ষিতে ডালটনের পরমাণুবাদের সংশোধিত রূপ (Modification of Dalton's Atomic theory in the light of Avogadro's hypothesis) : (১) প্রত্যেক পদার্থ (মৌলিক বা যৌগিক) স্বাধীন সত্তাবিশিষ্ট ক্ষুদ্রতম কণা বা অণুর সমষ্টি। এই অণুগুলি মৌলের অবিভাজ্য পরমাণুর সমবায়ে গঠিত। (২) পদার্থের (মৌলিক বা যৌগিক) ধর্ম— উহার অণুগুলির ধর্ম। একই পদার্থের সকল অণুই ধর্মে ও ভরে অভিন্ন। বিভিন্ন পদার্থের অণু বিভিন্ন ধর্ম ও ভরবিশিষ্ট। (৩) একই প্রকার পরমাণুর সমবায়ে মৌলের অণুর উৎপত্তি হয়, কিন্তু যৌগের অণু বিভিন্ন প্রকার পরমাণু লইয়া গঠিত হয়। (৪ যখন দুই বা ততোধিক পদার্থের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে তখন পদার্থের অণুগুলি ভাঙ্গিয়া পরমাণুতে পরিণত হয় এবং বিশ্লিষ্ট পরমাণু নূতনভাবে সরল সংখ্যার অনুপাতে যুক্ত হইয়া নূতন পদার্থের অণুর জন্ম দেয়।

আণবিক গুরুত্ব (Molecular weight) : অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প হইতে আমরা জানি, প্রত্যেক মৌলিক ও যৌগিক পদার্থ স্বাধীন সত্তাবিশিষ্ট ক্ষুদ্রতম কণা বা অণুর সমষ্টি। এই অণুগুলি মৌলের অবিভাজ্য পরমাণুর সমবায়ে গঠিত। যে কোন একটি পদার্থের সমস্ত অণুগুলির ধর্ম ও ওজন একই। পক্ষান্তরে ভিন্ন অণু ধর্মে ও ওজনে ভিন্ন। পদার্থ কঠিন, তরল বা বায়বীয় যে কোন অবস্থায় থাকুক না কেন, ইহার অণুগুলির ওজন অপরিবর্তিত থাকে।

কিন্তু অণুগুলি পরমাণুর ন্যায়ই অতি ক্ষুদ্র কণা মাত্র এবং তাহাদের প্রকৃত ওজন প্রায় নগণ্য। দেখা গিয়াছে, এক অণু হাইড্রোজেনের ওজন মাত্র $3{\cdot}32 \times 10^{-24}$ গ্রাম। এক অণু খাদ্য লবণের ওজন $9{\cdot}71 \times 10^{-23}$ গ্রাম এবং এক অণু চিনির ওজন মাত্র $5{\cdot}68 \times 10^{-22}$ গ্রাম। পরমাণুর ন্যায়ই এই কল্পনাতীত ক্ষুদ্র ও কম ওজনবিশিষ্ট অণুর ওজন প্রত্যক্ষভাবে নির্ণয় করা সম্ভব নয়। সেইজন্য বিজ্ঞানীরা পরোক্ষ পদ্ধতিতে অণুর ভর তুলনামূলকভাবে প্রকাশের ব্যবস্থা করিয়াছেন, পারমাণবিক গুরুত্বের ন্যায় আণবিক গুরুত্বের প্রবর্তন করিয়াছেন।

কোন পদার্থের একটি অণু একটি হাইড্রোজেন পরমাণু (H = 100·8) বা একটি অক্সিজেন পরমাণুর ওজনের $\frac{1}{16}$ অংশ বা একটি কার্বন পরমাণুর ওজনের $\frac{1}{12}$ অংশ অপেক্ষা যত গুণ ভারী সেই গুণিতক সংখ্যাটিকে ঐ পদার্থের আণবিক গুরুত্ব বলা হয়।

অর্থাৎ, আণবিক গুরুত্ব $= \dfrac{\text{পদার্থের একটি অণুর ওজন}}{\text{একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন}}$

বা, একটি অক্সিজেন পরমাণুর ওজনের $\frac{1}{16}$ অংশ

বা, একটি কার্বন পরমাণুর ওজনের $\frac{1}{12}$ অংশ

সাধারণ হিসাবে হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব 1 ধরিয়া আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা হইলে (প্রকৃতপক্ষে হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব 1·008) ক্লোরিনের আণবিক গুরুত্ব 71, নাইট্রোজেনের 28, হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের 36·5, অ্যামোনিয়ার 17। ইহার অর্থ ক্লোরিন, নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন ক্লোরাইড, অ্যামোনিয়া প্রভৃতির এক-একটি অণু একটি হাইড্রোজেন পরমাণু হইতে যথাক্রমে 71, 28, 36·5 এবং 17 গুণ ভারী।

একই প্রকার পরমাণুর সমবায়ে মৌলের অণু গঠিত হয় এবং অণুগঠনে পরমাণুর সংখ্যার হিসাবে অণুগুলিকে এক-পরমাণুক, দ্বি-পরমাণুক, চতুঃপরমাণুকরূপে প্রকাশ করা হয়। যেমন, হিলিয়াম (He) এক-পরমাণুক, নাইট্রোজেন (N_2), অক্সিজেন (O_2) ইত্যাদি দ্বি-পরমাণুক। যৌগিক পদার্থের আণবিক গুরুত্ব পদার্থের অণুর অন্তর্গত পরমাণুগুলির পারমাণবিক গুরুত্ব যোগ করিলে পাওয়া যাইবে।

পদার্থ	পদার্থ গঠনে পরমাণু ও তাহাদের সংখ্যা (আণবিক সঙ্কেত)	আণবিক গুরুত্ব
হাইড্রোজেন	H_2 } তিনটি পদার্থের অণুই	$1\times2=2$
নাইট্রোজেন	N_2 }	$14\times2=28$
অক্সিজেন	O_2 } দ্বি-পরমাণুক	$16\times2=32$
অ্যামোনিয়া	NH_3—এক পরমাণু নাইট্রোজেন ও তিন পরমাণু হাইড্রোজেনের মিলনে গঠিত।	$14+1\times3=17$
সালফিউরিক অ্যাসিড	H_2SO_4—দুই পরমাণু হাইড্রোজেন, এক পরমাণু সালফার ও চারিটি অক্সিজেন পরমাণুর মিলনে গঠিত।	$1\times2+32+16\times4=98$
চিনি	$C_{12}H_{22}O_{11}$—12টি কার্বন, 22টি হাইড্রোজেন ও 11টি অক্সিজেন পরমাণুর সমন্বয়ে গঠিত	$12\times12+1\times22+16\times11=342$

মনে রাখা দরকার, আণবিক গুরুত্ব বলিতে একটি অণুর প্রকৃত ওজন বুঝায় না। ইহা একটি তুলনামূলক সংখ্যা মাত্র। সেইহেতু উহার কোন একক (unit) থাকে না। অনেক সময় আণবিক ওজন বা গুরুত্বকে সঙ্কেত ওজন বলা হয়। বাহ্যতঃ আণবিক ওজন ও সঙ্কেত-ওজন সমার্থক মনে হইলেও শব্দ দুইটির মধ্যে পার্থক্য আছে। আণবিক গুরুত্ব কেবলমাত্র পদার্থের অণুর ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য। এমন অনেক পদার্থ জানা আছে যাহাদের অণু হিসাবে প্রকৃতপক্ষে কোন অস্তিত্বই নাই। সোডিয়াম ক্লোরাইড এই শ্রেণীভুক্ত একটি পরিচিত পদার্থ। বিভিন্ন পরীক্ষায় প্রমাণিত হইয়াছে যে উহা কঠিন অবস্থায়ও আয়ন-রূপে থাকে, অণু হিসাবে নহে। এইসকল পদার্থের ক্ষেত্রে সঙ্কেত-ওজন ব্যবহারই সমীচীন। কোন পদার্থ অণু বা আয়ন যে ভাবেই থাকুক না কেন সবক্ষেত্রেই সঙ্কেত-ওজন কথাটি ব্যবহার করা চলে।

গ্রাম-অণু বা গ্রাম-আণবিক গুরুত্ব (Gram-molecule or Gram molecular weight) **: কোন মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের আণবিক গুরুত্বকে গ্রামে প্রকাশ করিলে তত গ্রাম ওজনের পদার্থকে উহার এক গ্রাম-অণু বা গ্রাম-আণবিক গুরুত্ব বলে।** এক গ্রাম-অণুকে সংক্ষেপে এক 'অণ' (mole) বলা যায়। ইহা একটি ওজনের পরিমাণ নির্দেশ করে বলিয়া ইহার একক থাকে।

উদাহরণ : এক গ্রাম-অণু কার্বন ডাই অক্সাইড = 44 গ্রাম কার্বন ডাই অক্সাইড
" " " জল = 18 গ্রাম জল
" " " ক্লোরিন = 71 গ্রাম ক্লোরিন
" " " সালফিউরিক অ্যাসিড = 98 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিড
3 গ্রাম-অণু " " 3×98 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিড
0·5 " " " " = 49 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিড ইত্যাদি।

গ্রাম-আণবিক আয়তন (Gram molecular volume or molar volume) **:** এক গ্রাম-অণু পরিমাণ কোন পদার্থের গ্যাসীয় অবস্থার আয়তনকে গ্রাম-আণবিক

আয়তন বলে। যেমন এক গ্রাম-অণু বা 44 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড, এক গ্রাম-অণু বা 2·016 গ্রাম হাইড্রোজেন যে আয়তন স্থান দখল করে তাহাই উহাদের গ্রাম-আণবিক আয়তন। পরে দেখা যাইবে, প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে যে কোন গ্যাসের গ্রাম-আণবিক আয়তন 22·4 লিটার অর্থাৎ প্রমাণ অবস্থায় 22·4 লিটারই সকল গ্যাসীয় পদার্থের গ্রাম-আণবিক আয়তন।

নিম্নের চিত্র ১ (১৫)-তে কয়েকটি গ্যাসীয় পদার্থের গ্রাম-আণবিক আয়তন দেখানো হইয়াছে।

22·4 LITRES O_2 Wt. 32gm

22·4 LITRES N_2 Wt. 28gm

22·4 LITRES NH_3 Wt. 17gm

22·4 LITRES HCl Wt. 36·5gm

চিত্র : ১ (১৫)

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের প্রয়োগ ও উহার গুরুত্বপূর্ণ অনুসিদ্ধান্ত :

এই প্রকল্প হইতে গ্যাসায়তন সূত্রের ব্যাখ্যা ছাড়াও নিম্নলিখিত কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ অনুসিদ্ধান্ত এবং ব্যবহারিক প্রয়োগ পাওয়া যায়।

(১) যে কোন মৌলিক গ্যাসের অণু দ্বি-পরমাণুক (liatomic)।

(২) গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক গুরুত্ব উহাদের বাষ্পীয় ঘনত্বের দ্বিগুণ। ($M = 2D$, যেখানে M=আণবিক গুরুত্ব, D=বাষ্পীয় ঘনত্ব বা আপেক্ষিক ঘনত্ব)।

(৩) নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও চাপে যে কোন গ্যাসের (মৌলিক বা যৌগিক) এক গ্রাম-অণু পরিমাণের আয়তন একই হয় এবং প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে তাহা 22·4 লিটার।

(৪) ইহা ব্যতীত অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের সাহায্যে গ্যাসীয় পদার্থের আয়তনিক সংযুতির জ্ঞান হইতে উহার আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় করা যায়।

(৫) মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব, গ্যাসীয়, বাষ্পীয় বা উদ্বায়ী পদার্থের আণবিক গুরুত্ব ইহার সাহায্যে নির্ণয় করা যায়।

(১) **মৌলিক গ্যাসের অণু দ্বি-পরমাণুক :** (ক) প্রকৃত পরীক্ষায় দেখা গিয়াছে, 1 আয়তন হাইড্রোজেন ও 1 আয়তন ক্লোরিনের সংযোগে 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

একই উষ্ণতা ও চাপে অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুযায়ী 1 আয়তন সকল গ্যাসেই অণুর সংখ্যা সমান। মনে করি, এই সংখ্যা n।

$\therefore$ n অণু হাইড্রোজেন + n অণু ক্লোরিন = $2n$ অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড

$\therefore$ 1 " " + 1 " " = 2 " " "

$\therefore$ $\frac{1}{2}$ " " + $\frac{1}{2}$ " " = 1 " " "

হাইড্রোজেন ক্লোরাইড হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের যৌগ। সুতরাং, ডালটনের মতানুযায়ী হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের একটি অণুতে অন্ততঃ এক পরমাণু হাইড্রোজেন ও এক পরমাণু ক্লোরিন আছে। এই একটি হাইড্রোজেন পরমাণু $\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন এবং এক পরমাণু ক্লোরিন $\frac{1}{2}$ অণু ক্লোরিন হইতে আসে। সুতরাং হাইড্রোজেন কিংবা ক্লোরিনের অণুতে অন্ততঃ দুইটি করিয়া পরমাণু আছে অর্থাৎ হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন দ্বি-পরমাণুক। (উহাদের আণবিক সংকেত যথাক্রমে H_2 এবং Cl_2)। পক্ষান্তরে, যে অ্যাসিড যত সংখ্যক বিভিন্ন লবণ উৎপন্ন করে সেই অ্যাসিডের প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যাও ঠিক তত। আমরা জানি, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে সোডিয়াম ধাতু মাত্র একপ্রকার লবণ (সোডিয়াম ক্লোরাইড) দেয়, সুতরাং উহার এক অণুতে মাত্র একটি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু আছে।

আবার এক অণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে $\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন আছে।

∴ $\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন $=1$ পরমাণু হাইড্রোজেন

বা, 1 " " $=2$ " "

∴ হাইড্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক।

(খ) পরীক্ষায় দেখা গিয়াছে, 2 আয়তন হাইড্রোজেন এবং 1 আয়তন অক্সিজেন যুক্ত হইয়া 2 আয়তন স্টীম গঠন করে।

∴ $2n$ সংখ্যক হাইড্রোজেন অণু ও n-সংখ্যক অক্সিজেন অণু যুক্ত হইয়া $2n$ সংখ্যক স্টীমের অণু উৎপন্ন করে (অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প মতে)।

∴ 2 অণু হাইড্রোজেন $+1$ অণু অক্সিজেন $=2$ অণু স্টীম

∴ 1 " " $+\frac{1}{2}$ " " $=1$ " "

স্টীম হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের যৌগ। ডালটনের মতে পরমাণু অবিভাজ্য। অতএব স্টীমের এক অণুতে অন্ততঃ একটি অক্সিজেন পরমাণু থাকিবেই। এই এক পরমাণু অক্সিজেন $\frac{1}{2}$ অণু অক্সিজেন হইতে আসে। তাহা হইলে এক অণু অক্সিজেনে অন্ততঃ দুই পরমাণু অক্সিজেন বিদ্যমান। অর্থাৎ ইহার আণবিক সংকেত O_2.

এইরূপে অন্যান্য মৌলিক গ্যাসগুলি যে দ্বি-পরমাণুক তাহা প্রমাণ করা যায়।

এই অনুসিদ্ধান্তের ব্যতিক্রমও আছে। হিলিয়াম, ক্রিপ্‌টন, জেনন, নিওন, আর্গন ইত্যাদি নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলি মৌলিক হইলেও এক-পরমাণুক।

পরীক্ষায় দেখা গিয়াছে, দ্বি-পরমাণুক গ্যাসের ক্ষেত্রে স্থির চাপে গ্যাসের আপেক্ষিক তাপ ও স্থির আয়তনে গ্যাসের আপেক্ষিক তাপ এই দুই এর অনুপাত $\left(\frac{C_p}{C_v}=\gamma\right)$ 1·40 হইতে 1·41 এর মধ্যে থাকে। হাইড্রোজেন, ক্লোরিন, অক্সিজেনের ক্ষেত্রে γ এর মান যথাক্রমে 1·41, 1·40 এবং 1·40। ইহা প্রমাণ করে যে হাইড্রোজেন, ক্লোরিন, অক্সিজেন অণু দ্বি-পরমাণুক।

(২) গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক গুরুত্ব উহার বাষ্পীয় ঘনত্বের (H=1) দ্বিগুণ অর্থাৎ M=2D.

একই চাপ ও উষ্ণতায় কোন গ্যাস উহার সম-আয়তন হাইড্রোজেন অপেক্ষা যতগুণ ভারী উহাই ঐ গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব।

অর্থাৎ বাষ্পীয় ঘনত্ব (D) $\dfrac{\text{V আয়তন কোন গ্যাসের ওজন}}{\text{V আয়তন হাইড্রোজেনের ওজন}}$ [একই চাপ ও তাপমাত্রায়]

মনে করি, V আয়তন গ্যাসে n-সংখ্যক অণু আছে। অতএব অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে, $D=\dfrac{\text{গ্যাসের } n\text{-সংখ্যক অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের } n\text{-সংখ্যক অণুর ওজন}}$

$=\dfrac{n\times\text{গ্যাসের একটি অণুর ওজন}}{n\times\text{হাইড্রোজেনের একটি অণুর ওজন}}$

$=\dfrac{\text{গ্যাসের একটি অণুর ওজন}}{2\times 1\text{ পরমাণু হাইড্রোজেনের ওজন}}$ [∵ অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প-মতে হাইড্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক]

$=\frac{1}{2}$ গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব (হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব=1 ধরিয়া)
2D=গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব।

∴ গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব (M)=2×বাষ্পীয় ঘনত্ব ∴ $M=2D$

অক্সিজেন=16 এই হিসাবে ধরিলে হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব 1·008 হয়। সুতরাং সেক্ষেত্রে $M=2{\cdot}016\times D$.

(৩) **নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও চাপে এক গ্রাম-অণু পরিমাণ যে কোন গ্যাসের (মৌলিক ও যৌগিক) আয়তন একই এবং প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে উহা 22·4 লিটার।**

আমরা জানি, পদার্থের আণবিক গুরুত্ব যত, তত গ্রাম ওজনের পদার্থকে উহার গ্রাম-অণু বলা হয়।

(অ) হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব=1

" আণবিক " =2 (∵ হাইড্রোজেন দ্বি-পরমাণুক)

∴ এক গ্রাম-অণু হাইড্রোজেন=2 গ্রাম হাইড্রোজেন।

• যদি একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রকৃত ওজন w গ্রাম হয়, তবে একটি হাইড্রোজেন অণুর প্রকৃত ওজন=2w গ্রাম।

∴ এক গ্রাম-অণু হাইড্রোজেনে অণুর সংখ্যা$=\dfrac{2\text{গ্রাম}}{2w\text{ গ্রাম}}=\dfrac{1}{w}$

(আ) নাইট্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব=14

∴ " আণবিক " =28

∴ এক গ্রাম-অণু নাইট্রোজেন =28 গ্রাম নাইট্রোজেন।

অর্থাৎ নাইট্রোজেনের একটি অণু একটি হাইড্রোজেন পরমাণু অপেক্ষা 28 গুণ ভারী।

∴ নাইট্রোজেনের একটি অণুর ওজন=28w গ্রাম

∴ এক গ্রাম-অণু নাইট্রোজেনে অণুর সংখ্যা$=\dfrac{28\text{ গ্রাম}}{28w\text{ গ্রাম}}=\dfrac{1}{w}$

(ই) প্রকৃত পরীক্ষায় দেখা গিয়াছে, অ্যামোনিয়ার বাষ্পীয় ঘনত্ব $= 8{\cdot}5$

$\therefore$ অ্যামোনিয়া গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব $= 2 \times 8{\cdot}5 = 17$ এবং অ্যামোনিয়ার এক গ্রাম-অণু $= 17$ গ্রাম।

অ্যামোনিয়ার একটি অণু একটি হাইড্রোজেন পরমাণু অপেক্ষা 17 গুণ ভারী।

$\therefore$ অ্যামোনিয়ার একটি অণুর ওজন $= 17w$ গ্রাম।

$\therefore$ এক গ্রাম-অণু অ্যামোনিয়াতে অণুর সংখ্যা $= \dfrac{17 \text{ গ্রাম}}{17w \text{ গ্রাম}} = \dfrac{1}{w}$

(ঈ) প্রকৃত পরীক্ষায় দেখা যায়, সালফার ডাই-অক্সাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব $= 32$।

$\therefore$ সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব $= 2 \times 32 = 64$ এবং সালফার ডাই-অক্সাইডের এক গ্রাম-অণু $= 64$ গ্রাম।

$\therefore$ সালফার ডাই অক্সাইডের একটি অণু একটি হাইড্রোজেন পরমাণু অপেক্ষা 64 গুণ ভারী।

তাহা হইলে, সালফার ডাই অক্সাইডের একটি অণুর ওজন $= 64w$

$\therefore$ এক গ্রাম-অণু সালফার ডাই অক্সাইডে অণুর সংখ্যা $= \dfrac{64 \text{ গ্রাম}}{64w \text{ গ্রাম}} = \dfrac{1}{w}$

একই ভাবে দেখানো যাইতে পারে যে কোন গ্যাসের এক গ্রাম-অণুতে অণুর সংখ্যা $= \dfrac{1}{w}$। সুতরাং ইহা নিঃসন্দেহে প্রমাণিত হয় যে, কোন গ্যাসীয় পদার্থের এক গ্রাম-অণুতে একই সংখ্যক অণু আছে। তাহা হইলে, অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুযায়ী উহাদের আয়তনও একই হইবে। অর্থাৎ **একই উষ্ণতা ও চাপে এক গ্রাম অণু যে কোন গ্যাসের আয়তন একই।**

মনে করি, প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে কোন গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব $= D$

তাহা হইলে $D = \dfrac{\text{প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় এক লিটার গ্যাসের ওজন}}{\text{" " " " " হাইড্রোজেনের "}}$

$= \dfrac{\text{প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় এক লিটার গ্যাসের ওজন}}{0{\cdot}089 \text{ গ্রাম}}$

[জানা আছে, প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 1 লিটার হাইড্রোজেনের ওজন $= 0{\cdot}089$ গ্রাম]

$\therefore$ প্রমাণ অবস্থায় এক লিটার গ্যাসের ওজন $= (D \times 0{\cdot}089)$ গ্রাম।

কিন্তু অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প-মতে $M = 2D$

$\therefore D = \dfrac{M}{2}$ (যেখানে $M =$ আণবিক গুরুত্ব)

$\therefore$ প্রমাণ অবস্থায় এক লিটার গ্যাসের ওজন $= \left(\dfrac{M}{2} \times 0{\cdot}089\right)$ গ্রাম,

অর্থাৎ প্রমাণ অবস্থায় $\left(\dfrac{M}{2} \times 0{\cdot}089\right)$ গ্রাম গ্যাসের আয়তন $= 1$ লিটার

∴ প্রমাণ অবস্থায় M গ্রাম বা 1 গ্রাম-অণু গ্যাসের আয়তন $= \frac{2 \times M}{M \times 0 \cdot 089}$ লিটার

$= \frac{2}{0 \cdot 089}$ লিটার $= 22 \cdot 4$ লিটার।

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের সাহায্যে আণবিক গুরুত্বের সংজ্ঞা নিম্নরূপ—

কোন পদার্থের আণবিক গুরুত্ব বলিতে এমন একটি সংখ্যা বুঝায় যাহা গ্রামে প্রকাশ করিলে প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় ঐ পদার্থের গ্যাসীয় বা বাষ্পীয় অবস্থায় 22·4 লিটার আয়তনের ঐ পদার্থের ওজন বুঝায়।

O°C বা 273°A তাপমাত্রাকে প্রমাণ তাপমাত্রা এবং এই তাপমাত্রায় বায়ুচাপ যাহা 76 সে. মি. বা 760 মি. মি. উচ্চতাবিশিষ্ট পারদস্তম্ভের চাপের সমান—তাহাকে প্রমাণ চাপ বলা হয়। অতএব O°C এবং 760 মি. মি. চাপে কোন গ্যাস থাকিলে উহা প্রমাণ অবস্থায় আছে বলা হইবে। এই সম্বন্ধে বিস্তারিত আলোচনা অষ্টম অধ্যায়ে করা হইবে।

(8) আয়তনিক সংযুতি হইতে যৌগিক গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় (Determination of molecular formula of a compound from its volumetric composition) :

(ক) হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আণবিক সঙ্কেত :

পরীক্ষায় জানা আছে, 1 আয়তন হাইড্রোজেন ও 1 আয়তন ক্লোরিন যুক্ত হইয়া 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গঠন করে। মনে করি, 1 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাসে n-সংখ্যক হাইড্রোজেন অণু বর্তমান এবং গ্যাসীয় পদার্থগুলির আয়তন একই চাপ ও তাপমাত্রায় মাপা হইয়াছে। সুতরাং অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুযায়ী

n-সংখ্যক হাইড্রোজেন অণু + n-সংখ্যক ক্লোরিন অণু = $2n$-সংখ্যক হাইড্রোজেন ক্লোরাইড অণু

∴ 1 অণু হাইড্রোজেন + 1 অণু ক্লোরিন = 2 অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড।

∴ 2 পরমাণু হাইড্রোজেন + 2 পরমাণু ক্লোরিন = 2 অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড।

(∵ অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পমতে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন উভয়েই দ্বি-পরমাণুক)

1 পরমাণু হাইড্রোজেন + 1 পরমাণু ক্লোরিন = 1 অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড।

∴ 1 অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে 1 পরমাণু হাইড্রোজেন এবং 1 পরমাণু ক্লোরিন আছে। ∴ হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সরল সঙ্কেত (HCl) এবং আণবিক সঙ্কেত $(HCl)x$, যেখানে x একটি পূর্ণ সংখ্যা। ∴ ইহার আণবিক গুরুত্ব $= (1 + 35 \cdot 5)x$.

পরীক্ষায় জানা আছে, হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব $= 18 \cdot 25$

∴ ইহার আণবিক গুরুত্ব $= 2 \times 18 \cdot 25$ বা $36 \cdot 50$

∵ $(36 \cdot 5)x = 36 \cdot 50$ ∴ $x = 1$

সুতরাং হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আণবিক সঙ্কেত $= HCl$.

(খ) অ্যামোনিয়ার আণবিক সঙ্কেত : পরীক্ষার ফল হইতে জানা গিয়াছে, একই উষ্ণতা ও চাপে এক আয়তন নাইট্রোজেন, তিন আয়তন হাইড্রোজেনের সহিত রাসায়নিক মিলনে 2 আয়তন অ্যামোনিয়া গঠন করে।

∴ 1 আয়তন নাইট্রোজেন + 3 আয়তন হাইড্রোজেন = 2 আয়তন অ্যামোনিয়া
∴ n অণু নাইট্রোজেন + $3n$ অণু হাইড্রোজেন = 2 অণু অ্যামোনিয়া।
(অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পমতে)

∴ 1 অণু নাইট্রোজেন + 3 অণু হাইড্রোজেন = 2 অণু অ্যামোনিয়া।
∴ $\frac{1}{2}$ „ „ + $\frac{3}{2}$ „ „ = 1 অণু অ্যামোনিয়া।
∴ 1 পরমাণু নাইট্রোজেন + 3 পরমাণু হাইড্রোজেন = 1 অণু অ্যামোনিয়া
(∵ নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন উভয়েই দ্বি-পরমাণুক)

অর্থাৎ অ্যামোনিয়ার 1 অণুতে 1 পরমাণু নাইট্রোজেন ও 3 পরমাণু হাইড্রোজেন আছে।

∴ অ্যামোনিয়ার সরল সঙ্কেত NH_3 এবং আণবিক সঙ্কেত $(NH_3)x$
[x = একটি সরল পূর্ণসংখ্যা]

∴ অ্যামোনিয়ার আণবিক গুরুত্ব $(14+3)x$.
আবার জানা যায়, অ্যামোনিয়ার আপেক্ষিক বা বাষ্পীয় ঘনত্ব = 8·5
তাহা হইলে উহার আণবিক গুরুত্ব = $2 \times 8·5 = 17$
∴ $(14+3)x = 17$ বা, $x = 1$
সুতরাং অ্যামোনিয়ার আণবিক সঙ্কেত NH_3.

(গ) কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক সঙ্কেত :

পরীক্ষায় জানা গিয়াছে, 1 আয়তন কার্বন ডাই-অক্সাইডে 1 আয়তন অক্সিজেন আছে। মনে করি একই চাপ ও তাপমাত্রায় গ্যাস দুইটির আয়তন মাপা হইয়াছে এবং 1 আয়তন কার্বন ডাই-অক্সাইডে n-সংখ্যক কার্বন ডাই-অক্সাইড অণু বর্তমান। তাহা হইলে অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প মতে,

n অণু কার্বন ডাই-অক্সাইডে n অণু অক্সিজেন আছে।
1 „ „ „ „ 1 „ „ „ ।
1 „ „ „ „ 2 পরমাণু „ „ ।
(∵ অক্সিজেন অণু দ্বি-পরমাণুক)

∴ কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক সঙ্কেত CxO_2 (যেখানে x = এক অণু কার্বন ডাই-অক্সাইডে কার্বনের পরমাণু সংখ্যা)। আবার পরীক্ষায় জানা গিয়াছে, কার্বন ডাই-অক্সাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব = 22। তাহা হইলে, উহার আণবিক গুরুত্ব $2 \times 22 = 44$.

∴ $CxO_2 = 44$ অথবা $(12x + 2 \times 16) = 44$ বা $x = 1$; সুতরাং কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক সঙ্কেত CO_2।

(ঘ) নাইট্রাস অক্সাইডের আণবিক সঙ্কেত :

পরীক্ষায় জানা গিয়াছে, 1 আয়তন নাইট্রাস অক্সাইডে 1 আয়তন নাইট্রোজেন আছে। মনে করি, একই চাপ ও তাপমাত্রায় গ্যাস দুইটির আয়তন মাপা হইয়াছে এবং 1 আয়তন নাইট্রাস অক্সাইডে n-সংখ্যক অণু আছে। তাহা হইলে অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প মতে,

n অণু নাইট্রাস অক্সাইডে n অণু নাইট্রোজেন আছে।
∴ 1 " " " 1 " " " ।
∴ 1 " " " 2 পরমাণু " " ।
(∵ নাইট্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক)

নাইট্রাস অক্সাইডের আণবিক সঙ্কেত হইবে N_2O_x (যেখানে x=এক অণু নাইট্রাস অক্সাইডে অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা)

∴ নাইট্রাস অক্সাইডের আণবিক গুরুত্ব $=2\times14+16x$.

আবার পরীক্ষা দ্বারা জানা যায়, নাইট্রাস অক্সাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব $=22$

∴ ইহার আণবিক গুরুত্ব $2\times22=44$ (অ্যাভোগাড্রো)

∴ $2\times14+16x=44$

∴ $x=1$. সুতরাং নাইট্রাস অক্সাইডের আণবিক সঙ্কেত N_2O।

(৫) মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় :

নীতি : পরমাণু অবিভাজ্য। তাই কোন নির্দিষ্ট মৌল হইতে প্রাপ্ত বিভিন্ন যৌগের মধ্যে ঐ মৌলের অন্ততঃ একটি পরমাণু থাকিতেই হইবে। সুতরাং কোন মৌলের বিভিন্ন যৌগিক পদার্থগুলির আণবিক গুরুত্বের মধ্যে মৌলের যে ক্ষুদ্রতম ওজন বর্তমান থাকিবে তাহাকে মৌলটির সম্ভাব্য পারমাণবিক গুরুত্ব বলা যায়।

এইভাবে ডালটনের পরমাণুবাদের সাহায্যে পারমাণবিক গুরুত্বের সংজ্ঞা অবলম্বন করিয়া অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প প্রয়োগে পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় পদ্ধতির উদ্ভাবন করেন বিজ্ঞানী ক্যানিজারো (Cannizzaro)।

পদ্ধতি : (অ) প্রথমে যে মৌলটির পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করিতে হইবে সেই মৌলটির কয়েকটি সুবিধাজনক গ্যাসীয় বা উদ্বায়ী যৌগ সংগ্রহ করা হয়।

(আ) পরীক্ষার সাহায্যে উহাদের বাষ্পীয় ঘনত্ব বাহির করিয়া আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা হয় (∵ আণবিক গুরুত্ব $=2\times$বাষ্পীয় ঘনত্ব)।

(ই) বিশ্লেষণের দ্বারা ঐ সকল পদার্থের গ্রাম-অণুতে উক্ত মৌলের প্রকৃত ওজন স্থির করা হয়। সম্ভবতঃ ঐ যৌগগুলির মধ্যে অন্ততঃ একটি যৌগ পাওয়া যাইবে যাহার অণুতে সেই মৌলের একটি পরমাণু বর্তমান আছে। সুতরাং ঐ ওজনগুলির মধ্যে ক্ষুদ্রতম ওজনই উক্ত মৌলের সম্ভাব্য পারমাণবিক গুরুত্ব।

(ক) অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় :

অক্সিজেনের যৌগ	বাষ্পীয় ঘনত্ব H=1	আণবিক গুরুত্ব M=2D	গ্রাম-অণুতে অক্সিজেনের ওজন (গ্রামে)	সর্বনিম্ন ওজন পাঃ গুরুত্ব
জলীয় বাষ্প	9	18	16 16×1	
কার্বন মনোক্সাইড	14	28	16 16×1	16
কার্বন ডাই-অক্সাইড	22	44	32 16×2	
সালফার ডাই-অক্সাইড	32	64	32 16×2	
সালফার ট্রাই-অক্সাইড	40	80	48 16×3	
নাইট্রিক অক্সাইড	15	30	16 16×1	

অক্সিজেনের যৌগগুলির আণবিক গুরুত্ব হইতে অক্সিজেনের ক্ষুদ্রতম ওজন 16, সুতরাং অক্সিজেনের সম্ভাব্য পারমাণবিক গুরুত্ব 16.

(খ) কার্বনের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় :

কার্বনের যৌগ	বাষ্পীয় ঘনত্ব H=1	আণবিক গুরুত্ব M=2D	গ্রাম-অণুতে কার্বনের ওজন (গ্রামে)	সর্বনিম্ন ওজন পাঃ গুরুত্ব
কার্বন মনোক্সাইড	14	28	12 12×1	
কার্বন ডাই-অক্সাইড	22	44	12 12×1	12
মিথেন	8	16	12 12×2	
ইথিলীন	14	28	24 12×2	
অ্যাসিটিলিন	13	26	24 12×2	
বেঞ্জিন	39	78	72 12×6	

∴ কার্বনের যৌগগুলির আণবিক গুরুত্ব হইতে কার্বনের সর্বনিম্ন ওজন=**12.** সুতরাং কার্বনের পারমাণবিক গুরুত্ব=**12.**

ক্যান্নিজারো পদ্ধতির সীমাবদ্ধতা (limitations) ঃ (১) এই পদ্ধতিতে পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় সবিশেষ শ্রমসাধ্য। (২) ইহা কেবল সেই সকল মৌলের ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য যাহারা বহু সংখ্যার গ্যাসীয় বা উদ্বায়ী যৌগ গঠন করিতে পারে। (৩) ক্যান্নিজারো পদ্ধতির আসল কথা হইল, বহুসংখ্যক যৌগ লইলে উহাদের কোন না কোনটির অণুতে মৌলটির একটিমাত্র পরমাণু থাকিবে। কিন্তু ইহা কার্যক্ষেত্রে সত্য নাও হইতে পারে। (৪) এই পদ্ধতিতে নির্ণেয় পারমাণবিক গুরুত্ব সব সময় নির্ভুল নাও হইতে পারে।

অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা (Avogadro's Number) :

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প হইতে দেখা গিয়াছে, একই চাপ ও উষ্ণতায় এক গ্রাম-অণু যে কোন গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন একই। পক্ষান্তরে, যেহেতু আয়তন সমান তখন বিভিন্ন গ্যাসের এক গ্রাম অণুতে অণুর সংখ্যাও সমান হইবে। অর্থাৎ, **এক গ্রাম অণু পরিমাণ সকল (মৌলিক বা যৌগিক) পদার্থে সমসংখ্যক অণু বর্তমান এবং এই সংখ্যাকে অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা বলে। এই সংখ্যাকে 'N' সাংকেতিক চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করা হয় এবং উহার মান** $6 \cdot 023 \times 10^{23}$ (মোটামুটিভাবে 6×10^{23})। এক গ্রাম-পরমাণু কোন মৌলে যত সংখ্যক পরমাণু থাকে তাহাও অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা।

এক গ্রাম-অণু বা 32 গ্রাম অক্সিজেনে, 44 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইডে, 30 গ্রাম নাইট্রিক অক্সাইডে $6 \cdot 023 \times 10^{23}$ সংখ্যক অণু থাকিবে এবং এক-পরমাণু বা 23 গ্রাম সোডিয়ামে $6 \cdot 023 \times 10^{23}$ সংখ্যক পরমাণু থাকিবে।

অণু পরমাণুর প্রকৃত ওজন : একটি অণু বা পরমাণুর ওজন বলিতে একটি অণু বা পরমাণুর প্রকৃত ওজন (absolute weight) বুঝায়। এক অণু অক্সিজেনের ওজন এবং অক্সিজেনের আণবিক গুরুত্ব সমার্থক নয়। এক অণু অক্সিজেনের ওজন অর্থ এক অণু অক্সিজেনের প্রকৃত ওজন। সুতরাং ইহা একক দ্বারা প্রকাশ করিতে হইবে।

আবার, অক্সিজেনের আণবিক গুরুত্ব একটি অনুপাত। এক অণু অক্সিজেন, এক পরমাণু হাইড্রোজেন হইতে কত গুণ ভারী তাহাই তাহার আণবিক গুরুত্ব। সুতরাং ইহার কোন একক থাকিবে না। এই হিসাবে অক্সিজেনের আণবিক গুরুত্ব=32।

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প সাহায্যে অণু ও পরমাণুর প্রকৃত ওজন নির্ণয় করা যায়। এক অণু অক্সিজেনের প্রকৃত ওজন নিম্নরূপ :

অক্সিজেনের আণবিক গুরুত্ব=32 ; এক গ্রাম-অণু অক্সিজেন=32 গ্রাম অক্সিজেন।

32 গ্রাম অক্সিজেনে অণুর সংখ্যা $= 6 \cdot 023 \times 10^{23}$ [অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা]

$6 \cdot 023 \times 10^{23}$ অক্সিজেন অণুর প্রকৃত ওজন=32 গ্রাম

$\therefore$ 1 অণু অক্সিজেনের প্রকৃত ওজন $= \dfrac{32}{6 \cdot 023 \times 10^{23}}$ বা $5 \cdot 31 \times 10^{-23}$ গ্রাম।

আবার হাইড্রোজেনের আণবিক গুরুত্ব $= 2 \cdot 016$ (O=16)

$\therefore$ এক গ্রাম-অণু হাইড্রোজেন=2016 গ্রাম। এই পরিমাণ গ্যাসে হাইড্রোজেন অণুর সংখ্যাই অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যা অর্থাৎ $6 \cdot 023 \times 10^{23}$.

$\therefore$ $6{\cdot}023 \times 10^{23}$ অণু হাইড্রোজেনের ওজন $= 2{\cdot}016$ গ্রাম।

$\therefore$ 1 অণু " " $= \dfrac{2{\cdot}016}{6{\cdot}023 \times 10^{23}}$

$\therefore$ পরমাণুর হাইড্রোজেনের ওজন $= \dfrac{2{\cdot}016}{2 \times 6{\cdot}023 \times 10^{23}}$ গ্রাম $= w$

(মনে করি)

($\because$ হাইড্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক)

অতএব অন্যান্য মৌলের পরমাণুর প্রকৃত ওজন হইবে উহার পারমাণবিক গুরুত্ব এবং একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রকৃত ওজনের গুণফল অর্থাৎ

মৌলের পরমাণুর প্রকৃত ওজন $= A \times w$ গ্রাম। [$= A$ মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব]

রসায়ন-বিজ্ঞানে অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের গুরুত্ব (Importance of Avogadro's hypothesis in Chemistry) :

রসায়ন-বিজ্ঞানের অগ্রগতিতে অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের অসামান্য অবদান রহিয়াছে। অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প প্রত্যক্ষভাবে পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত না হইলেও ইহার প্রয়োগ দ্বারা যে সমস্ত সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া যায় তাহাদের সত্যতা বহুভাবে প্রমাণিত হইয়াছে ; অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের সিদ্ধান্ত কোন মতেই পরীক্ষালব্ধ ফলের বিরোধী নহে, সেইজন্য অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পকে সূত্রও বলা যাইতে পারে।

ইহাতেই সর্বপ্রথম অণুর পৃথক অস্তিত্ব কল্পনা করা হইয়াছে এবং পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণা হিসাবে অণু ও পরমাণুর পার্থক্য স্বীকৃত হইয়াছে। বলা হয়, ইহা ডালটনের পরমাণুবাদকে দৃঢ়তর ভিত্তির উপর প্রতিষ্ঠিত করে।

গে লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র এবং ডালটনের পরমাণুবাদের সমন্বয়সাধন করে এই প্রকল্প। গ্যাসায়তন সূত্রের ব্যাখ্যা ছাড়াও এই প্রকল্প হইতে যে কয়টি গুরুত্বপূর্ণ অনুসিদ্ধান্ত পাওয়া যায় তাহা :—(১) মৌলিক গ্যাসের অণু দ্বি-পরমাণুক। (২) পদার্থের আণবিক গুরুত্ব ইহার বাষ্পীয় ঘনত্বের দ্বিগুণ। (৩) নির্দিষ্ট চাপ ও তাপাঙ্কে যে কোন গ্যাসের গ্রাম-আণবিক আয়তন একই। এই সকল সিদ্ধান্ত রসায়ন-বিজ্ঞানের চর্চায় বিশেষ সাহায্য করিয়াছে।

ইহা ছাড়াও মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ের একটি পদ্ধতি এই প্রকল্পের অনুসিদ্ধান্তের উপর প্রতিষ্ঠিত এবং ইহা দ্বারা গ্যাসীয় পদার্থের আয়তনিক সংযুতি হইতে ইহার আণবিক সঙ্কেত নির্ধারণ সম্ভব।

গাণিতিক উদাহরণ

(১) কোন গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক গুরুত্ব 200। প্রমাণ অবস্থায় 5 গ্রাম ঐ পদার্থের আয়তন কত ?

পদার্থটির আণবিক গুরুত্ব $= 200$। $\therefore$ পদার্থটির 1 গ্রাম-অণু $= 200$ গ্রাম।

∴ এক গ্রাম-অণু বা 200 গ্রাম পদার্থের প্রমাণ অবস্থায় আয়তন $= 22{\cdot}4$ লিটার (অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পমতে)।

∴ 5 গ্রাম পদার্থের প্রমাণ অবস্থায় আয়তন $= \frac{22{\cdot}4 \times 5}{200} = 0{\cdot}56$ লিটার

বা 560 মি. লি.

(২) প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে কোনও গ্যাসের এক লিটারের ওজন $1{\cdot}964$ গ্রাম। ইহার আণবিক গুরুত্ব কত?

প্রমাণ অবস্থায় 1 লিটার গ্যাসের ওজন $= 1{\cdot}964$ গ্রাম

∴ „ $22{\cdot}4$ „ „ „ $= 1{\cdot}964 \times 22{\cdot}4 = 43{\cdot}99$ গ্রাম

∴ গ্যাসটির আণবিক গুরুত্ব $= 43{\cdot}99$

(৩) $0{\cdot}04$ গ্রাম ওজনের এক ফোঁটা জলে অণুর সংখ্যা কত?

1 গ্রাম-অণু জল $= 18$ গ্রাম।

∴ 18 গ্রাম জলে অণুর সংখ্যা $= 6{\cdot}023 \times 10^{23}$ (অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা)

∴ $0{\cdot}04$ „ „ „ „ $\frac{6{\cdot}023 \times 10^{23} \times 0{\cdot}04}{18} = 1{\cdot}338 \times 10^{21}$

(৪) $0{\cdot}25$ গ্রাম-অ্যাটম (gram-atom) ক্লোরিন গ্যাসের আয়তন প্রমাণ অবস্থায় কত হইতে?

প্রমাণ অবস্থায় এক গ্রাম-অণু ক্লোরিন গ্যাসের আয়তন $= 22{\cdot}4$ লিটার

∴ „ „ „ „ অ্যাটম „ „ „ $= 22{\cdot}4 \div 2 = 11{\cdot}2$ লিটার

(∵ ক্লোরিন গ্যাসের অণু দ্বি-পরমাণুক)

∴ প্রমাণ অবস্থায় $0{\cdot}25$ গ্রাম-অ্যাটম ক্লোরিন গ্যাসের আয়তন $= 11{\cdot}2 \times 0{\cdot}25$

$= 2{\cdot}8$ লিটার

(৫) $15{\cdot}75$ গ্রাম নাইট্রিক অ্যাসিডে যত অণু আছে, কি পরিমাণ সালফিউরিক অ্যাসিডে ঠিক তত সংখ্যক অণু থাকিবে?

নাইট্রিক অ্যাসিডের গ্রাম-আণবিক গুরুত্ব $= 63$ গ্রাম।

∴ 63 গ্রাম নাইট্রিক অ্যাসিডে অণুর সংখ্যা $6{\cdot}023 \times 10^{23}$

∴ $15{\cdot}75$ „ „ „ „ „ $\frac{6{\cdot}023 \times 10^{23} \times 15{\cdot}75}{63}$

$= 1{\cdot}50575 \times 10^{23}$

আবার, সালফিউরিক অ্যাসিডের গ্রাম-আণবিক গুরুত্ব $= 98$ গ্রাম

তাহা হইলে, $6{\cdot}023 \times 10^{23}$ অণু আছে 98 গ্রামে

∴ $1{\cdot}50575 \times 10^{23}$ „ „ $\frac{1{\cdot}50575 \times 10^{23} \times 98}{6{\cdot}023 \times 10^{23}}$

$= 24{\cdot}5$ গ্রামে।

(৬) 93·0 গ্রাম ফসফরাসে—

(ক) মৌলটির গ্রাম-পরমাণুর সংখ্যা কত ?

(খ) যদি ফসফরাসের অণুর সঙ্কেত P_4 হয় তাহা হইলে ইহাতে কত গ্রাম-অণু মৌল আছে ?

(গ) ইহাতে উপস্থিত পরমাণু এবং অণুর সংখ্যা কত ?

(ক) ফসফরাসের পারমাণবিক গুরুত্ব=31

∴ গ্রাম-পরমাণুর সংখ্যা $=\frac{93}{31}=\mathbf{3}$

(খ) P_4 এর এক-গ্রাম অণু $=4\times31=124$ গ্রাম

∴ P_4 এর গ্রাম-অণুর সংখ্যা $=\frac{93}{124}=\mathbf{0{\cdot}75}$

(গ) পরমাণুর সংখ্যা = গ্রাম-পরমাণু × N (অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা)

$=3\times6{\cdot}02\times10^{23}=\mathbf{1{\cdot}806\times10^{2}}$

অণুর সংখ্যা = গ্রাম-অণুর সংখ্যা × N

$=0{\cdot}75\times6{\cdot}02\times10^{23}$

$=\mathbf{4{\cdot}515\times10^{23}}$

(৭) প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 250 c.c. কোন গ্যাসীয় পদার্থের ওজন 0·7924 গ্রাম। গ্যাসটির একটি অণুর সঠিক ওজন কত ?

প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 250 c.c. গ্যাসের ওজন=0·7924 গ্রাম

∴ " " " 22400 c.c. " " =70·999 গ্রাম

∴ গ্যাসটির গ্রাম-আণবিক গুরুত্ব=70·999 গ্রাম

এই পরিমাণ গ্যাসের মধ্যে অণুর সংখ্যা $=6{\cdot}023\times10^{23}$

$6{\cdot}023\times10^{23}$ সংখ্যক অণুর ওজন 70·999 গ্রাম

∴ 1টি " " $\frac{70{\cdot}999}{6{\cdot}023\times10^{23}}$ গ্রাম

$=11{\cdot}78\times10^{-23}$ গ্রাম

(নিম্নলিখিত উদাহরণগুলিতে বয়েল ও চার্লস্ সূত্রের সমন্বয়ে প্রাপ্ত গ্যাস সমীকরণ $\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$ এর সাহায্যে প্রয়োজন। এই সম্বন্ধে অষ্টম অধ্যায়ে বিস্তারিত আলোচনা আছে। এস্থলে শুধু সংযুক্ত গ্যাস সমীকরণের সাধারণ প্রয়োগ করা হইয়াছে।)

(৮) 0°C উষ্ণতায় 10 মি·মি· চাপে মাপা হইয়াছে এমন 1·40 লিটার অক্সিজেনের ওজন গণনা কর এবং ইহাতে অণুর সংখ্যা কত স্থির কর। একটি অক্সিজেন অণুর প্রকৃত ওজন কত ?

মনে করি, প্রমাণ অবস্থায় অক্সিজেনের আয়তন V_1

$\therefore$ গ্যাস সূত্রানুসারে, $\frac{760 \times V_1}{273} = \frac{10 \times 1{\cdot}40}{273}$

অথবা $V_1 = \frac{10 \times 1{\cdot}40 \times 273}{760 \times 273}$ বা $\frac{0{\cdot}7}{38}$ লিটার।

অক্সিজেনের অণু দ্বি-পরমাণুক ও উহার গ্রাম-আণবিক গুরুত্ব $= 2 \times 16 = 32$ গ্রাম।

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে প্রমাণ অবস্থায় গ্রাম-আণবিক ওজনের কোন গ্যাসের আয়তন $= 22{\cdot}4$ লিটার।

$\therefore$ 22·4 লিটার অক্সিজেনের ওজন $= 32$ গ্রাম

$\therefore$ $\frac{0{\cdot}7}{38}$ " " " $= \frac{32 \times 0{\cdot}7}{22{\cdot}4 \times 38} = \frac{1}{38}$ গ্রাম বা ·0263 গ্রাম।

প্রমাণ অবস্থায় 22·4 লিটার অক্সিজেন গ্যাসে অণুর সংখ্যা $6{\cdot}023 \times 10^{23}$

$\therefore$ $\frac{0{\cdot}7}{38}$ " " " " " $\frac{6{\cdot}023 \times 10^{23} \times 0{\cdot}7}{22{\cdot}4 \times 38}$

বা 5×10^{20}

আবার $6{\cdot}023 \times 10^{23}$ অক্সিজেন অণুর প্রকৃত ওজন $= 32$ গ্রাম

$\therefore$ 1 " " " " $\frac{32}{6{\cdot}023 \times 10^{23}}$

$= 5{\cdot}31 \times 10^{-23}$ গ্রাম।

(৯) 27°C উষ্ণতা ও 750 মি.মি. চাপে 0·393 গ্রাম কোন গ্যাসের আয়তন 222·7 c.c. গ্যাসটির আপেক্ষিক (বাষ্পীয়) ঘনত্ব এবং আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

প্রমাণ চাপ ও তাপাঙ্কে গ্যাসের আয়তন V_1 ধরিয়া গ্যাস সমীকরণের সাহায্যে $\left(\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}\right)$

$\frac{760 \times V_1}{273} = \frac{750 \times 222{\cdot}7}{273 + 27}$ বা $V_1 = \frac{750 \times 222{\cdot}7 \times 273}{760 \times 300}$ বা 199·99 c.c

প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 1 c.c. গ্যাসের ওজন $= \frac{0{\cdot}393}{199{\cdot}99} = 0{\cdot}00196$ গ্রাম।

আমরা জানি, প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 1 c.c. হাইড্রোজেন গ্যাসের ওজন $= 0{\cdot}000089$ গ্রাম।

$\therefore$ গ্যাসটির আপেক্ষিক আণবিক ঘনত্ব $= \frac{0{\cdot}00196}{0{\cdot}000089} = 22{\cdot}02$

আবার আণবিক গুরুত্ব $= 2 \times$ আপেক্ষিক ঘনত্ব $= 2 \times 22{\cdot}02 = 44{\cdot}04$.

(১০) 27°C উষ্ণতায় 750 mm চাপে একটি গ্যাস মিশ্রণে আয়তন হিসাবে 80% CO এবং 20% CO_2 আছে। এই মিশ্রণের 1·52 লিটারে কত গ্রাম CO_2 আছে? (WBHS, 1978)

মনে করি, প্রমাণ অবস্থায় মিশ্রণের আয়তন V_1

∴ গ্যাস সূত্রানুসারে, $\frac{760 \times V}{273} = \frac{750 \times 1{\cdot}52}{273+27}$

$V_1 = \frac{750 \times 1{\cdot}52}{760 \times 300}$ বা $\frac{273}{200}$ লিটার

মিশ্রণে আয়তন হিসাবে 20% CO_2 আছে, সুতরাং

মিশ্রণে „ „ $\frac{273}{200 \times 5}$ লিটার CO_2 আছে

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে, প্রমাণ অবস্থায় 22·4 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন 44 গ্রাম।

∴ $\frac{273}{200 \times 5}$ লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন $\frac{44 \times 273}{22{\cdot}4 \times 1000}$

বা 0·536 গ্রাম।

চতুর্থ অধ্যায়

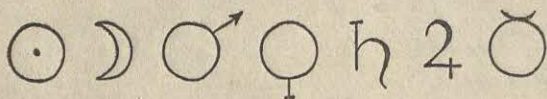
চিহ্ন, সঙ্কেত, যোজ্যতা ও সমীকরণ

(Symbol, Formula, Valency and Equation)

[**Syllabus :** Symbols, Formula and Valency.—Chemical equations and their significance. Stoichiometry. Weight to weight, weight to volume and volume to volume calculations. Eudiometry. Vapour density (determination omitted), emprical formula and molecular formula.]

রসায়নশাস্ত্রচর্চা সহজ করিবার জন্য অধুনা রসায়নবিজ্ঞানীরা সব রকম রাসায়নিক রূপান্তর সংক্ষিপ্ত ও সাঙ্কেতিকভাবে প্রকাশ করিবার রীতি প্রবর্তন করিয়াছেন।

মধ্যযুগের অ্যালকেমিষ্টগণ বিভিন্ন রহস্যপূর্ণ চিহ্নদ্বারা পদার্থের নাম প্রকাশ করিতেন। প্রাচীন হিন্দু ও গ্রীক জ্যোতির্বিদগণ ধাতুর সহিত বিভিন্ন জ্যোতিষ্কের কল্পনা করিয়া জ্যোতিষ্কের বিভিন্ন সাঙ্কেতিক চিহ্নকে ধাতুর প্রতীক হিসাবে ব্যবহার করিয়াছিলেন। যেমন—

সূর্য চন্দ্র মঙ্গল শুক্র শনি বৃহস্পতি বুধ

গোল্ড সিলভার আয়রন কপার লেড টিন মার্কারী

চিত্র ১(১৬) ধাতুর প্রাচীন প্রতীক

বিজ্ঞানী ডালটন বিভিন্ন মৌলকে চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করিতে সচেষ্ট হন; কিন্তু তাঁহার ব্যবহৃত চিহ্ন ছিল অত্যন্ত জটিল ধরনের। প্রকৃতপক্ষে বিজ্ঞানী বার্জেলিয়াস (1811 খ্রী:) প্রথমে মৌলসমূহের আধুনিক রাসায়নিক চিহ্ন প্রবর্তন করেন।

চিহ্ন বা প্রতীক (Symbol) : কোন মৌলিক পদার্থের নাম যাহা দ্বারা সংক্ষিপ্তভাবে ব্যক্ত করা হয় তাহাকে চিহ্ন বা প্রতীক বলে।

সাধারণভাবে মৌলের ইংরেজী নামের আদ্যক্ষর মৌলের চিহ্ন হিসাবে ব্যবহৃত হয়। যেমন, হাইড্রোজেন (Hydrogen)—H, অক্সিজেন (Oxygen)—O, কার্বন (Carbon)—C ইত্যাদি।

একাধিক মৌলিক পদার্থের ইংরেজী নামের আদ্যক্ষর এক হইলে উহাদের একটি নামের আদ্যক্ষর দ্বারা প্রকাশ করা হয়, অপরগুলিকে নামের প্রথম অক্ষরের সহিত আর একটি অক্ষর যোগ করিয়া চিহ্নিত করা হয়। যেমন,

মৌলের নাম	চিহ্ন	মৌলের নাম	চিহ্ন
বোরন (Boron)	B	কার্বন (Carbon)	C
বেরিয়াম (Barium)	Ba	ক্যালসিয়াম (Calcium)	Ca
বিসমাথ (Bismuth)	Bi	ক্যাডমিয়াম (Cadmium)	Cd
ব্রোমিন (Bromine)	Br	ক্লোরিন (Chlorine)	Cl

অনেক ক্ষেত্রে মৌলিক পদার্থগুলির চিহ্ন তাহাদের ল্যাটিন নাম হইতে গ্রহণ করা হইয়াছে এবং উহাদিগকে উহাদের ল্যাটিন নামের আদ্যক্ষর বা ইহার সহিত আরেকটি অক্ষর যোগ করিয়া লেখা হয়। যেমন—

ইংরাজী নাম		ল্যাটিন নাম		চিহ্ন
সোডিয়াম (Sodium)	—	Natrium	—	Na
পটাসিয়াম (Potassium)	—	Kalium	—	K
কপার (Copper)	—	Cuprum	—	Cu
সিলভার (Silver)	—	Argentum	—	Ag
গোল্ড (Gold)	—	Aurum	—	Au
মার্কারী (Mercury)	—	Hydrargyrum	—	Hg
আয়রন (Iron)	—	Ferrum	—	Fe

চিহ্নমাত্রেরই আদিক (qualitative) এবং মাত্রিক (quantitative) **দুইটি দিক** আছে। 'চিহ্ন' প্রথমতঃ কোন মৌলের নাম বুঝায়। অধিকন্তু 'চিহ্ন' সেই মৌলের একটি পরমাণু ও উহার পারমাণবিক গুরুত্ব প্রকাশ করে। যেমন 'C' এই চিহ্ন দ্বারা মৌল কার্বনকে বুঝায়, একটি কার্বন পরমাণু বুঝায় এবং কার্বনের 12 ভাগ ওজন বুঝায়।

মৌলের একাধিক পরমাণু প্রকাশ করিতে হইলে চিহ্নের বাম দিকে সেই সংখ্যাবাচক রাশিটি লিখিতে হয়। যেমন 2H, 2N দ্বারা যথাক্রমে দুই পরমাণু হাইড্রোজেন ও দুই পরমাণু নাইট্রোজেন বুঝায়। তবে চিহ্নের ডান দিকে কোন সংখ্যা বসানো হইলে তাহার অর্থ ভিন্ন। H_2, N_2 এইরূপ লিখিলে সেগুলি যথাক্রমে এক অণু হাইড্রোজেন ও এক অণু নাইট্রোজেন বুঝাইবে অর্থাৎ চিহ্নের ডান দিকের সংখ্যা মৌলের অণু কয়টি পরমাণু দ্বারা গঠিত তাহা প্রকাশ করে। সুতরাং P_4 অর্থে ফসফরাসের একটি অণুতে চার পরমাণু ফসফরাস বিদ্যমান। মনে রাখিতে হইবে, 2H লিখিলে দুই পরমাণু হাইড্রোজেন পরস্পর যুক্ত নহে এইরূপ বুঝাইবে। কিন্তু H_2 লিখিলে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু রাসায়নিকভাবে সংযুক্ত বুঝাইবে।

সঙ্কেত (বা আণবিক সঙ্কেত—Formula) : **কোন মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের অণুকে যাহা দ্বারা সংক্ষিপ্তভাবে ব্যক্ত করা হয় তাহাকে সঙ্কেত বলে।** অর্থাৎ মৌল বা যৌগের অণুর সংক্ষিপ্ত প্রকাশই সঙ্কেত।

পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে, মৌলিক পদার্থের অণুর সঙ্কেত লিখিতে হইলে উহার চিহ্নের ডান দিকে একটু নীচে যতটি পরমাণু দ্বারা অণুটি গঠিত হয় সেই সংখ্যাটি লিখিতে হয়। যেমন দ্বি-পরমাণুক হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, ক্লোরিন ইত্যাদি মৌলের সঙ্কেত যথাক্রমে H_2, O_2, N_2 এবং Cl_2 হইবে। সোডিয়াম, মার্কারী, জিঙ্ক ইত্যাদি বাষ্পীয় অবস্থায় এক-পরমাণুক, ইহাদের সঙ্কেত এবং চিহ্ন একই অর্থাৎ Na, Hg, Zn।

অণুতে পরমাণুর সংখ্যাকে বলা হয় **পারমাণবিকতা** (atomicity)। হিলিয়াম, আর্গন প্রভৃতি নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পারমাণবিকতা 1, হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, ইত্যাদির 2, ফসফরাসের 4।

যৌগিক পদার্থের অণু একাধিক মৌলিক পদার্থের নির্দিষ্ট সংখ্যক পরমাণু দ্বারা গঠিত। যৌগিক পদার্থের সঙ্কেত লিখিতে হইলে উহার গঠনকারী মৌলিক পদার্থগুলির চিহ্ন পাশাপাশি লিখিয়া প্রত্যেক চিহ্নের ডান দিকে একটু নীচে মৌলগুলির পরমাণুসংখ্যা লিখিতে হইবে। পরমাণুসংখ্যা এক হইলে উহা লেখা নিষ্প্রয়োজন। যেমন, কার্বন ডাই-অক্সাইডের অণুতে একটি কার্বন পরমাণু এবং দুইটি অক্সিজেন পরমাণু আছে ; সুতরাং ইহার সঙ্কেত হইবে CO_2. চিনির সঙ্কেত $C_{12}H_{22}O_{11}$, যেহেতু ইহাতে 12টি কার্বন পরমাণু, 22টি হাইড্রোজেন পরমাণু এবং 11টি অক্সিজেন পরমাণু বর্তমান।

চিহ্নের ন্যায় সঙ্কেতও আদিক ও মাত্রিক দুইটি অর্থ প্রকাশ করে। সঙ্কেত হইতে যে তথ্য জানা যায় তাহা নিম্নরূপ :

(১) ইহা মৌল বা যৌগের নাম বুঝায়। (২) ইহা পদার্থের একটি অণু বুঝায় এবং অণুর গঠনে কি কি মৌলিক পদার্থের কয়টি পরমাণু বিদ্যমান তাহাও প্রকাশ করে। (৩) ইহা দ্বারা পদার্থটির আণবিক গুরুত্ব বুঝায় এবং ইহাতে গঠনকারী মৌলগুলির ওজনের অনুপাত কি (পারমাণবিক গুরুত্ব অনুপাতে) জানিতে পারা যায়। ইহা ছাড়াও গ্যাসীয় পদার্থের ক্ষেত্রে সঙ্কেত লিখিলে তাহার আণবিক গুরুত্ব ত বুঝাইবেই অধিকন্তু ইহার আণবিক গুরুত্বকে গ্রামে প্রকাশ করিলে (গ্রাম-অণু) প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে গ্যাসের আয়তন 22·4 লিটার হয়, ইহাও বুঝাইবে।

উদাহরণ : (ক) Cl_2 এই সঙ্কেত ক্লোরিনের নাম এবং দুইটি ক্লোরিন পরমাণু-সংযোগে গঠিত ক্লোরিনের এক অণু বুঝায়। ইহা ক্লোরিনের $2 \times 35{\cdot}5$ ভাগ ওজন (বা ইহার আণবিক গুরুত্ব 71) বুঝায় এবং উক্ত ওজন যদি গ্রামে প্রকাশ করা হয় তবে তাহার আয়তনকে (প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 22·4 লিটার) বুঝাইবে।

(খ) $MgCO_3$ এই সঙ্কেত ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট যৌগটির নাম বুঝায়। ইহা ম্যাগনেসিয়াম, কার্বন ও অক্সিজেন তিনটি মৌলের রাসায়নিক মিলনে গঠিত তাহা বুঝায়, ইহাতে একটি ম্যাগনেসিয়াম পরমাণু, একটি কার্বন পরমাণু ও তিনটি অক্সিজেন পরমাণু আছে তাহা জানা যায়। অধিকন্তু, ইহা যৌগটির $1 \times 24 + 12 + 3 \times 16$ বা 84 ভাগ ওজন (আণবিক গুরুত্ব) প্রকাশ করে। সঙ্কেত হইতে আরো জানা যায়, 84 ভাগ ওজনের ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটে 24 ভাগ ওজনের ম্যাগনেসিয়াম, 12 ভাগ ওজনের কার্বন এবং 48 ভাগ ওজনের অক্সিজেন আছে।

যোজ্যতা (Valency) : আমরা জানি, কোন যৌগিক পদার্থের একটি অণু একাধিক মৌলিক পদার্থের নির্দিষ্ট সংখ্যক পরমাণুর দ্বারা গঠিত। বিভিন্ন হাইড্রোজেন যৌগ বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায়, বিভিন্ন মৌলের একটি পরমাণু বিভিন্ন সংখ্যার হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে। যেমন,

যৌগ	সঙ্কেত	বিভিন্ন মৌলের এক পরমাণুর সহিত যুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা
হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড	HCl	1 (অর্থাৎ 1 পরমাণু হাইড্রোজেন এবং 1 পরমাণু ক্লোরিনের সংযোগে 1 অণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গঠিত হয় ।)
জল	H_2O	2 (2 পরমাণু হাইড্রোজেন ও 1 পরমাণু অক্সিজেনের সংযোগে 1 অণু জল গঠিত হয় ।)
অ্যামোনিয়া	NH	3 (3 পরমাণু হাইড্রোজেন ও 1 পরমাণু নাইট্রোজেনের মিলনে 1 অণু অ্যামোনিয়া সৃষ্টি হয় ।)
মিথেন	CH_4	4 (4 পরমাণু হাইড্রোজেন ও 1 পরমাণু কার্বনের মিলনে 1 অণু মিথেন উৎপন্ন হয় ।)

একমাত্র হাইড্রোজেনের সহিত সংযোগেই যে এই প্রকার দেখা যায় তাহা নহে, অন্যান্য মৌলিক পদার্থের (যেমন ক্লোরিন) সহিত সংযোগকালেও এইরূপ দেখা যায়। যেমন,

ক্লোরিনের যৌগ	সঙ্কেত	বিভিন্ন মৌলের একটি পরমাণুর সহিত যুক্ত ক্লোরিন পরমাণুর সংখ্যা
হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড	HCl	1
ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড	$MgCl_2$	2
অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড	$AlCl_3$	3
প্লাটিনিক ক্লোরাইড	$PtCl_4$	4

উপরে বর্ণিত হাইড্রোজেনের যৌগ হইতে স্পষ্ট দেখা যায়, বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরমাণুগুলির হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইবার ক্ষমতা বিভিন্ন। এই তথ্যের ভিত্তিতে বিজ্ঞানীরা মৌলের যোজন-ক্ষমতা বা যোজ্যতা (valency) নির্দিষ্ট করিয়াছেন। হাইড্রোজেনের বিভিন্ন যৌগের বিশ্লেষণ-ফল হইতে ইহাও দেখা যায় যে, হাইড্রোজেনের যোজনক্ষমতা সবচেয়ে কম অর্থাৎ এমন কোন হাইড্রোজেন যৌগ জানা নাই (একমাত্র ব্যতিক্রম হাইড্রোজয়িক অ্যাসিড, N_3H) যাহাতে এক পরমাণু হাইড্রোজেনের সহিত অন্য মৌলের একাধিক পরমাণু যুক্ত আছে। সুতরাং হাইড্রোজেনের যোজ্যতাকে প্রমাণ বা একক হিসাবে ধরিয়া অন্যান্য যৌগের যোজ্যতা স্থির করা হইয়াছে। এই হিসাবে যোজ্যতার সংজ্ঞা নিম্নরূপ ঃ

মৌলের যোজ্যতা বলিতে অন্যান্য মৌলের সহিত উহার রাসায়নিকভাবে মিলিত হইবার ক্ষমতা বুঝায় এবং উহার একটি পরমাণু যত সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইতে পারে তাহাই মৌলের যোজ্যতা।

একটি হাইড্রোজেন পরমাণু অন্য মৌলের একটিমাত্র পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া যদি যৌগ গঠন করে তাহা হইলে সেই মৌলের যোজ্যতা 1 হয়। যেমন, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl), হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড (HBr), হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড (HI)। এই তিনটি যৌগ হইতে বলা যায় ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনের যোজ্যতা 1। একইভাবে জল (H_2O), অ্যামোনিয়া (NH_3) এবং মিথেন (CH_4) হইতে বলা যায়, অক্সিজেনের যোজ্যতা 2, নাইট্রোজেনের 3 এবং কার্বনের 4।

আবার, কোন মৌল যদি হাইড্রোজেনের সহিত সরাসরি যুক্ত না হইয়া অন্য কোন হাইড্রোজেন-সমন্বিত যৌগিক পদার্থ হইতে হাইড্রোজেন পরমাণু বিযুক্ত বা প্রতিস্থাপিত করে তাহা হইলে সেই মৌলের যোজ্যতা প্রতিস্থাপিত হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যার সমান হইবে। যেমন, একটি জিঙ্ক পরমাণু লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে দুই পরমাণু হাইড্রোজেন বিযুক্ত করে, সেইজন্য জিঙ্কের যোজ্যতা 2 ধরা হইবে।

অতএব, **কোন মৌলের একটি পরমাণু যত সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হয় বা কোন হাইড্রোজেনের যৌগ হইতে যত সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপিত করে সেই সংখ্যাই ঐ মৌলের যোজ্যতা।**

হাইড্রোজেন ছাড়াও যোজ্যতা জানা আছে এমন কোন মৌলের সহিত তুলনা করিয়াও মৌলিক পদার্থের যোজ্যতা নিরূপণ করা যায়।

সোডিয়াম প্রভৃতি ধাতুর হাইড্রোজেন অপেক্ষা ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইবার আগ্রহ অধিক। একটি সোডিয়াম বা পটাসিয়াম পরমাণু একটি ক্লোরিন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া সোডিয়াম ক্লোরাইড ($NaCl$) বা পটাসিয়াম ক্লোরাইড (KCl) উৎপন্ন করে। ক্লোরিনের যোজ্যতা 1, অতএব উক্ত ধাতুদ্বয়ের যোজ্যতাও 1 হইবে। ইতিপূর্বে বর্ণিত ক্লোরিন যৌগ হইতে বলা যায়, ম্যাগনেসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম ও প্লাটিনামের যোজ্যতা যথাক্রমে 2, 3 এবং 4। গোল্ড একটি মৌল যাহা হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয় না বা হাইড্রোজেনের যৌগ হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে না। কিন্তু ইহার একটি পরমাণু ক্লোরিনের তিনটি পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া ক্লোরাইড যৌগ ($AuCl_3$) গঠন করে। অতএব গোল্ডের যোজ্যতা 3। জানা আছে যে, অক্সিজেনের যোজ্যতা 2। কোন কোন ক্ষেত্রে অক্সিজেনের যোজ্যতার সহিত তুলনা করিয়াও অন্য মৌলের যোজ্যতা নির্ধারণ করা হয়।

দ্রষ্টব্য : (১) যোজ্যতা সর্বদা পূর্ণ সংখ্যা হইবেই। কখনও ইহার ভগ্নাংশ হয় না। (২) এখানে যোজ্যতার যে সংজ্ঞা এবং ব্যাখ্যা দেওয়া হইল তাহাতে যোজ্যতা সম্বন্ধে সম্যক্ জ্ঞান হয় না। আবার

কেবলমাত্র সঙ্কেত হইতে বা বিশ্লেষণের ফল হইতে সকল মৌলের যোজ্যতা স্থির করা ঠিক নহে। কার্বন ও হাইড্রোজেন বিভিন্ন যৌগ গঠন করে। যেমন, বেঞ্জিন (C_6H_6), ইথালীন (C_2H_4), অ্যাসিটিলিন (C_2H_2)—কিন্তু কখনও কার্বনের যোজ্যতা 1 বা 2 হইবে না, ইহা সব সময়ই 4।

যোজ্যতা অনুসারে মৌলগুলির শ্রেণীবিভাগ (Classification of elements according to valency) : যে সকল মৌলের যোজ্যতা 1 তাহাদিগকে এক-যোজী, যাহাদের যোজ্যতা 2 তাহাদের দ্বি-যোজী মৌল বলা হয়। এইরূপে মৌলগুলিকে ত্রি-যোজী, চতুর্যোজী ইত্যাদিতে ভাগ করা হয়। আবার হিলিয়াম, নিওন, আর্গন প্রভৃতি কতকগুলি নিষ্ক্রিয় গ্যাস আছে যাহাদের অন্য মৌলের সহিত সংযুক্ত হইবার ক্ষমতা নাই। এই সব মৌলকে বলা হয় শূন্য-যোজী বা যোজনক্ষমতাহীন মৌল।

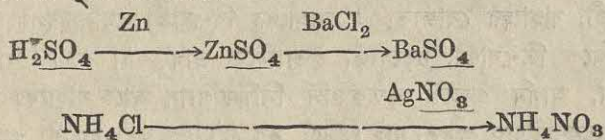
নিম্নে কতকগুলি পরিচিত মৌলের যোজ্যতা অনুসারে শ্রেণীবিভাগ দেখানো হইল।

যোজ্যতা		মৌলের নাম
0	শূন্য-যোজী (Zero-valent)	হিলিয়াম, নিয়ন, আর্গন ইত্যাদি নিষ্ক্রিয় গ্যাস
1	এক-যোজী (mono-valent)	হাইড্রোজেন, ফ্লুরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন, আয়োডিন, সোডিয়াম, পটাসিয়াম, সিলভার, কপার (কিউপ্রাস), মার্কারী (মারকিউরাস) ইত্যাদি—
2	দ্বি-যোজী (divalent)	অক্সিজেন, সালফার, ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, জিঙ্ক, বেরিয়াম, কপার (কিউপ্রিক), টিন (ষ্টানাস), মার্কারী (মারকিউরিক), ম্যাঙ্গানিজ (ম্যাঙ্গানাস), আয়রন (ফেরাস), লেড, (প্লম্বাস) ইত্যাদি।
3	ত্রি-যোজী (trivalent)	নাইট্রোজেন, ফসফরাস, বোরন, অ্যালুমিনিয়াম, আর্সেনিক, গোল্ড, আয়রন (ফেরিক), ক্রোমিয়াম (ক্রোমিক) ইত্যাদি।
4	চতুর্যোজী (tetravalent)	কার্বন, সিলিকন, সালফার, টিন (ষ্টানিক), প্লাটিনাম, লেড (প্লাম্বিক), ম্যাঙ্গানিজ ইত্যাদি।
5	পঞ্চ-যোজী (pentavalent)	নাইট্রোজেন, আর্সেনিক, ফসফরাস ইত্যাদি।
6	ষড়-যোজী (hexavalent)	সালফার, ক্রোমিয়াম, ম্যাঙ্গানিজ ইত্যাদি।
7	সপ্ত-যোজী (heptavalent)	ক্লোরিন, ম্যাঙ্গানিজ ইত্যাদি।
8	অষ্ট-যোজী (octavalent)	অস্মিয়াম।

যৌগ-মূলক (Compound radical) **এবং যোজ্যতা অনুসারে উহাদের শ্রেণী-বিভাগ :** অনেক সময় দেখা যায়, যৌগিক পদার্থের অণুর মধ্যে একাধিক

মৌলের পরমাণু একত্র সংঘবদ্ধ হইয়া থাকে এবং সেই যৌগের রাসায়নিক পরিবর্তনে যখন অন্য পদার্থ উৎপন্ন হয়, তখন এই সংঘবদ্ধ পরমাণুগুলি অবিকৃত অবস্থায় একটি পরমাণুর ন্যায় ব্যবহার করিয়া নূতন পদার্থের অণুতে স্থান করিয়া লয়। এই সংঘবদ্ধ পরমাণুগুলির কোন স্বাধীন সত্তা নাই। এই সকল পরমাণুজোটকে বলা হয় **যৌগ-মূলক** বা **মূলক**। যেমন,

$$H_2\underline{SO_4} \xrightarrow{Zn} Zn\underline{SO_4} \xrightarrow{BaCl_2} Ba\underline{SO_4}$$

$$\underline{NH_4}Cl \xrightarrow{\quad AgNO_3 \quad} \underline{NH_4NO_3}$$

উপরের উদাহরণ হইতে ইহা স্পষ্ট যে, SO_4, (সালফেট), NH_4 (অ্যামোনিয়াম) এবং NO_3 (নাইট্রেট) প্রত্যেকটি এক-একটি মূলক।

নীচে পরিচিত কতকগুলি মূলকের নাম ও যোজ্যতা অনুসারে তাহাদের শ্রেণী-বিভাগ দেখানো হইল।

যোজ্যতা	মূলক
1 এক-যোজী মূলক	—OH (হাইড্রোক্সিল), NH_4 (অ্যামোনিয়াম), নাইট্রেট (NO_3), নাইট্রাইট (NO_2), HCO_3 (বাই-কার্বনেট), HSO_4 (বাই-সালফেট), HSO_3 (বাই-সালফাইট), CN (সায়ানাইড), MnO_4 (পারমাঙ্গানেট) ClO_3 (ক্লোরেট)।
2 দ্বি-যোজী মূলক	—SO_4 (সালফেট) SO_3 (সালফাইট), CO_3 (কার্বনেট), CrO_4 (ক্রোমেট), Cr_2O_7 (ডাই-ক্রোমেট)।
3 ত্রি-যোজী মূলক	—PO_4 (ফসফেট), AsO_4 (আর্সেনেট), $Fe(CN)_6$ [ফেরিসায়ানাইড] ইত্যাদি।
4 চতুর্যোজী মূলক	—$Fe(CN)_6$ [ফেরোসায়ানাইড] ইত্যাদি।

পরিবর্তনশীল যোজ্যতা (Variable valency) : এমন অনেক অধাতব ও ধাতব মৌল আছে যাহাদের একাধিক যোজ্যতা বা যোজন-ক্ষমতা আছে। নাইট্রোজেন, ফসফরাস, সালফার, কপার, আয়রন, মার্কারী ইত্যাদি ভিন্ন ভিন্ন ক্ষেত্রে ভিন্ন ভিন্ন যোজ্যতা দেখায়।

মৌলের নাম	যোজ্যতা	মৌলের নাম	যোজ্যতা
নাইট্রোজেন	3, 5	কপার	1, 2
ফসফরাস	3, 5	মার্কারী	1, 2
ক্লোরিন	1, 7	টিন	2, 4
সালফার	2, 4, 6	আয়রন	2, 3

উপরে বর্ণিত মৌলগুলির অক্সাইড ও ক্লোরাইডের সঙ্কেত হইতে এই পরিবর্তন-শীল যোজ্যতা দেখানো যায়—

মৌলের নাম	যোজ্যতা	অক্সাইডের সঙ্কেত ও নাম	ক্লোরাইডের সঙ্কেত ও নাম
ফসফরাস	3	P_2O_3 (ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড)	PCl_3 (ফসফরাস ট্রাই-ক্লোরাইড)
	5	P_2O_5 (ফসফরাস পেণ্টোক্সাইড)	PCl_5 (ফসফরাস পেণ্টা-ক্লোরাইড)
আয়রন	2	FeO (ফেরাস অক্সাইড)	$FeCl_2$ (ফেরাস ক্লোরাইড)
	3	Fe_2O_3 (ফেরিক অক্সাইড)	$FeCl_3$ (ফেরিক ক্লোরাইড)

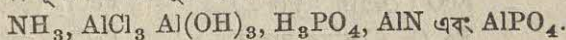
নাইট্রোজেন, ফসফরাস, সালফার প্রভৃতি কতকগুলি অধাতব মৌল হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের সহিত সংযোগকালে পৃথক যোজ্যতা দেখায়। যেমন, হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S) যৌগে সালফারের যোজ্যতা 2, কিন্তু সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) এবং সালফার ট্রাই-অক্সাইড (SO_3) যৌগে সালফারের যোজতা যথাক্রমে 4 এবং 6। নাইট্রোজেন ও ফসফরাস ইত্যাদির ক্ষেত্রেও এইরূপ দৃষ্ট হয়। পরিবর্তনশীল যোজ্যতা-সম্পন্ন কোন মৌল যদি পৃথকভাবে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন উভয়ের সঙ্গে সংযুক্ত হইতে পারে তবে হাইড্রোজেনের সঙ্গে সংযোগের সময় উহার নিম্নতম যোজ্যতা এবং অক্সিজেনের সঙ্গে সংযোগের সময় উচ্চতম যোজ্যতা প্রকাশ পায় এবং হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের সঙ্গে যে দুইটি পৃথক যোজ্যতা দেখা যায় তাহাদের যোগফল সাধারণতঃ 8 হয়। ইহাকে **আবেগ বডল্যাণ্ডার নিয়ম** বলা হয়।

যৌগ			যোজ্যতার যোগফল
HCl	(হাইড্রোজেনের সহিত সংযোগে ক্লোরিনের যোজ্যতা	1	8
Cl_2O_7	(অক্সিজেনের " " " "	7	
H_2S	(হাইড্রোজেনের " " সালফারের "	2	8
SO_3	(অক্সিজেনের " " " "	6	
NH_3	(হাইড্রোজেনের " " নাইট্রোজেনের "	3	8
N_2O_5	(অক্সিজেনের " " " "	5	
PH_3	(হাইড্রোজেনের " " ফসফরাসের "	3	8
P_2O_5	(অক্সিজেনের " " " "	5	

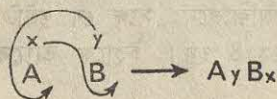
যোজ্যতার ব্যবহারিক প্রয়োগ (Practical application of valency) **:** যোজ্যতা অনুসারে মৌল ও মূলকগুলির শ্রেণীবিভাগের ফলে রসায়নচর্চা অনেক সহজ হইয়াছে। যোজ্যতার সাহায্যে শুদ্ধ আণবিক সঙ্কেত প্রকাশ করা হয়। দেখা যায়, এক পরমাণু এক যোজী মৌল বা একটি এক-যোজী মূলক এক-পরমাণু এক-যোজী মৌল বা মূলকের সঙ্গে সংযুক্ত হয়। যথা—NaCl, HCl, AgCl, NH_4Cl, KOH, HNO_3 ইত্যাদি। এক পরমাণু দ্বি-যোজী মৌল বা একটি দ্বি-যোজী মূলক দুই পরমাণু এক যোজী মৌল বা দুইটি এক-যোজী যৌগ মূলকের সহিত সংযুক্ত হইবে

অথবা এক পরমাণু দ্বি-যোজী মৌল এক পরমাণু-দ্বি-যোজী মৌল বা একটি দ্বি-যোজী মূলকের সহিত যুক্ত হইবে। যথা—H_2O, $CaCl_2$, H_2SO_4 এবং MgO, CaS, $ZnSO_4$ ইত্যাদি।

এক পরমাণু ত্রি-যোজী মৌল বা একটি ত্রি-যোজী মূলক তিন পরমাণু এক-যোজী মৌল বা তিনটি এক-যোজী মূলকের সহিত অথবা এক পরমাণু ত্রি-যোজী মৌল বা একটি ত্রি-যোজী মূলকের সঙ্গে যুক্ত হয়। যথা—

NH_3, $AlCl_3$ $Al(OH)_3$, H_3PO_4, AlN এবং $AlPO_4$.

দুই-পরমাণু ত্রি-যোজী মৌল তিন পরমাণু দ্বি-যোজী মৌলের সহিত যুক্ত হয়। যথা—Al_2O_3, Fe_2O_3 ইত্যাদি।

একই সূত্র চতুর্যোজী, পঞ্চযোজী ইত্যাদি মৌলের ক্ষেত্রেও প্রযোজ্য। উপরি উক্ত বিষয় পরীক্ষা করিলে আমরা দুইটি মৌলিক পদার্থ দ্বারা (যৌগ মূলকসহ) গঠিত কোন যৌগের আণবিক সঙ্কেত লিখিবার একটা সাধারণ নিয়ম পাই।

যদি A এবং B দুইটি মৌলিক পদার্থের পরস্পর মিলনে কোন যৌগ গঠিত হয় এবং A-র যোজ্যতা x এবং B-র যোজ্যতা y হয়, তাহা হইলে যৌগের আণবিক সঙ্কেত হইবে A_yB_x অর্থাৎ A মৌলের যোজ্যতা-নির্দেশক সংখ্যাটি B মৌলের ডান দিকে

চিত্র ১ (১৭)

ঈষৎ নীচে এবং B মৌলের যোজ্যতা-নির্দেশক সংখ্যা A মৌলের ডান দিকে অনুরূপ-ভাবে লিখিতে হয়। চিত্র ১(১৭)-তে A এবং B মৌলের যোজ্যতা জ্ঞাপক সংখ্যা উহাদের উপরে বসাইয়া যৌগের আণবিক সঙ্কেত কিভাবে লিখিতে হয় তাহা দেখানো রহিয়াছে। আরও লক্ষ্য করিবার বিষয়, উৎপন্ন যৌগিক পদার্থের অণুর সঙ্কেত এমন হয় যাহাতে A মৌলের মোট যোজ্যতার সংখ্যা B মৌলের মোট যোজ্যতার সংখ্যার সমান হয়। মোট যোজ্যতা অর্থে প্রতি অণুর গঠনকারী মৌলের (A এবং B-এর) যোজ্যতা ও পরমাণুর সংখ্যার গুণফল বুঝায়। অর্থাৎ

A মৌলের মোট যোজ্যতা = B মৌলের মোট যোজ্যতা।

বা A মৌলের যোজ্যতা × A মৌলের পরমাণুসংখ্যা = B মৌলের যোজ্যতা × B মৌলের পরমাণুসংখ্যা।

বা, $\dfrac{\text{A মৌলের যোজ্যতা}}{\text{B মৌলের যোজ্যতা}} = \dfrac{\text{B মৌলের পরমাণুসংখ্যা}}{\text{A মৌলের পরমাণুসংখ্যা}}$

এই নিয়ম যৌগমূলকের ক্ষেত্রেও প্রযোজ্য।

যোজ্যতা-জ্ঞাপক সংখ্যা এক হইলে উহা লিখার প্রয়োজন হয় না, উহ্য রাখা হয়। উপরের নিয়ম অনুসারে সঙ্কেত লিখিবার পর যোজ্যতা-সংখ্যাগুলি যদি কোন

সাধারণ গুণনীয়ক দ্বারা বিভাজ্য হয় তাহা হইলে সাধারণ গুণনীয়ক দ্বারা যোজ্যতা-সংখ্যাগুলি ভাগ করিয়া সঙ্কেত নির্ণয় করিতে হয়।

নিম্নলিখিত যৌগগুলি বিশেষভাবে অনুধাবন করিলে বিশুদ্ধ সঙ্কেত কিভাবে লিখিতে হয় তাহা জানা যাইবে এবং নিত্য ব্যবহৃত মৌল, মূলক এবং তাহাদের যোজ্যতার সঙ্গে পরিচিত হওয়া যাইবে। যৌগের অন্তর্গত মৌলগুলির পরমাণুর চিহ্ন এবং তাহাদের পাশে যোজ্যতা দেওয়া আছে।

যৌগের নাম		সঙ্কেত
সোডিয়াম হাইড্রাইড Na(1)H(1)	—	$Na_1H_1 = NaH$
ফেরিক অক্সাইড Fe(3)O(2)	—	Fe_2O_3
ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড Mg(2)N(3)	—	Mg_3N_2
ফসফরাস পেণ্টোক্সাইড P(5)O(2)	—	P_2O_5
অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড Al(3) Cl(1)	—	$Al_1Cl_3 = AlCl_3$
অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড NH_4(1)Cl(1)	—	NH_4Cl
স্ট্যানাস্ ক্লোরাইড Sn(2)Cl(1)	—	$SnCl_2$
স্ট্যানিক ক্লোরাইড Sn(4)Cl(1)	—	$SnCl_4$
সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড Na(1) OH(1)	—	NaOH
অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট NH_4(1)NO_3(1)	—	NH_4NO_3
সিলভার নাইট্রাইট Ag(1)NO_2(1)	—	$AgNO_2$
সোডিয়াম ফসফেট Na(1)PO_4(3)	—	Na_3PO_4
ক্যালসিয়াম ফসফেট Ca(2) PO_4(3)	—	$Ca_3(PO_4)_2$
অ্যালুমিনিয়াম ফসফেট Al(3)PO_4(3)	—	$Al_3(PO_4)_3 = AlPO_4$
জিঙ্ক সালফেট Zn(2)SO_4(2)	—	$Zn_2(SO_4)_2 = ZnSO_4$
অ্যালুমিনিয়াম সালফেট Al(3)SO_4(2)	—	$Al_2(SO_4)_3$
সোডিয়াম বাইসালফেট Na(1)HSO_4(1)	—	$NaHSO_4$
পটাসিয়াম কার্বনেট K(1)CO_3(2)	—	K_2CO_3
পটাসিয়াম বাইকার্বনেট K(1)HCO_3(1)	—	$KHCO_3$
সোডিয়াম সালফাইট Na(1)SO_3(2)	—	Na_2SO_3
ক্যালসিয়াম বাইসালফেট Ca(2) HSO_4(1)	—	$Ca(HSO_4)_2$
পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেট K(1) MnO_4(1)	—	$KMnO_4$
পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট K(1)Cr_2O_7(2)	—	$K_2Cr_2O_7$
পটাসিয়াম ক্রোমেট K(1)CrO_4(2)	—	K_2CrO_4
পটাসিয়াম ক্লোরেট K(1) ClO_3(1)	—	$KClO_3$
সিলভার পারক্লোরেট Ag(1)ClO_4(1)	—	$AgClO_4$
পটাসিয়াম ফেরো সায়ানাইড K(1)[$Fe(CN)_6$](4)	—	$K_4FeCN)_6$
পটাসিয়াম ফেরি সায়ানাইড K(1)[$Fe(CN)_6$](3)	—	$K_3Fe(CN)_6$

ইহা স্পষ্ট যে, কোন যৌগের অণুতে বিভিন্ন মৌলের পরমাণু বা বিভিন্ন মূলক কি কি সংখ্যায় আছে তাহা নির্ভর করে মৌলের বা মূলকের যোজ্যতার উপর। যোজ্যতা জানা থাকিলে যৌগের সঙ্কেত জানা সহজ।

আণবিক সঙ্কেত লিখিতে হইলে ধাতব মৌলের (অ্যামোনিয়াম মূলকসহ) চিহ্ন বাম দিকে এবং অধাতব মৌলের (ও অধাতব মূলকের) চিহ্ন ডান দিকে বসাইতে হয়।

সংযুতি সঙ্কেত (Structural formula) বা **রেখা সঙ্কেত** (Graphic formula): কোন যৌগ অণুর মধ্যে উহার উপাদান পরমাণুগুলি উহাদের যোজ্যতার সাহায্যে কিভাবে পরস্পর যুক্ত (linked) থাকে তাহা সহজভাবে বুঝাইবার জন্য প্রতিটি মৌলের যোজ্যতাকে সাধারণতঃ উহার পরমাণুর চিহ্নের পাশে একটি হাইফেন (hyphen) বা ক্ষুদ্র রেখা দ্বারা ব্যক্ত করা হয়। যোজ্যতা অনুযায়ী মৌলের এই রেখা সংখ্যা নির্দিষ্ট অর্থাৎ যে পরমাণুর যোজ্যতা যত তাহার পাশে তত সংখ্যক রেখা দেওয়া হয়। যেমন,

মৌল	যোজ্যতা	রেখাযুক্ত পরমাণুর চিহ্ন
H	1	H—
Cl	1	Cl—
O	2	—O—
Mg	2	—Mg—
N	3	—N— (উপরে একটি রেখা)
P	3	—P— (উপরে একটি রেখা)
C	4	—C— (উপরে ও নীচে একটি করিয়া রেখা)

অণু গঠনকালে উপাদান মৌলের প্রতি পরমাণুর এক একটি যোজ্যতাসূচক রেখা অপর পরমাণুর এক একটি রেখার সহিত যুক্ত হয়। কখনও একটি পরমাণুর একটি যোজ্যতাসূচক রেখা অপর পরমাণুর একাধিক অনুরূপ রেখার সহিত সংযুক্ত হইতে পারে না। আরও বিশদভাবে বলিলে, এক-যোজী মৌলের একটি রেখা অপর কোন এক-যোজী মৌলের একটি রেখার সহিত মিলিত হইতে পারে। একটি দ্বি-যোজী মৌলের দুইটি রেখা দুইটি সম অথবা পৃথক এক-যোজী মৌলের এক একটি রেখার সহিত অথবা অপর কোন দ্বি-যোজী মৌলের দুইটি রেখার সহিত সংযুক্ত হইতে পারে। এইরূপে রেখার সাহায্যে যোজ্যতার মিলন বা প্রশমনকে এক বা একাধিক মিলিত রেখা দ্বারা প্রকাশ করা হয়। উহাকে বন্ধন বা যোজক বলা হয়। নিম্নে HCl, H_2O, NH_3, CH_4, CO_2, MgO প্রভৃতি অণুর সংযোজন দেখানো হইল।

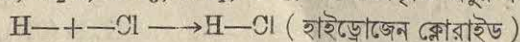
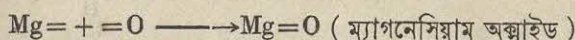
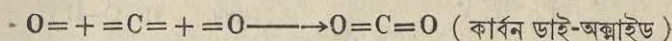
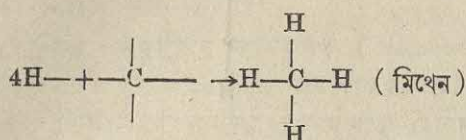
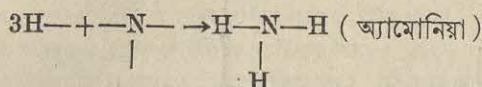
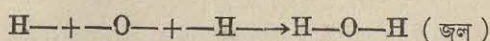
H— + —Cl ⟶ H—Cl (হাইড্রোজেন ক্লোরাইড)

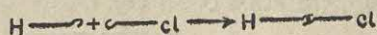
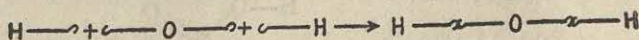
H—+—O—+—H—→H—O—H (জল)

3H—+—N— →H—N—H (অ্যামোনিয়া)

4H—+—C— →H—C—H (মিথেন)

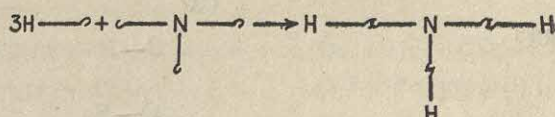
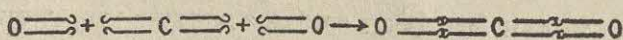
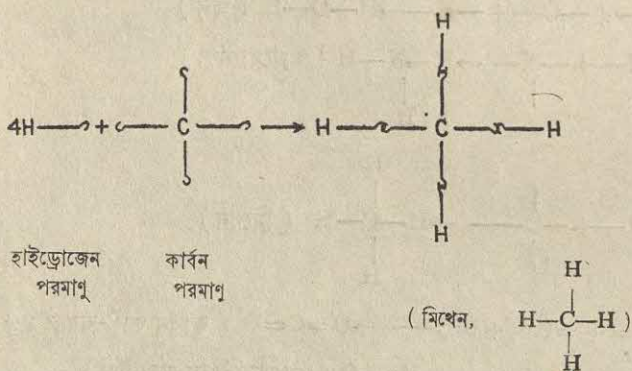
O=+=C=+=O——→O=C=O (কার্বন ডাই-অক্সাইড)

Mg=+=O ——→Mg=O (ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড)

এখানে লক্ষ্য করার বিষয়, যৌগের অন্তঃস্থিত পরমাণুগুলির সমস্ত যোজ্যতাজ্ঞাপক রেখাগুলি পরস্পর যুক্ত আছে। কোন পরমাণুর যোজ্যতা মুক্ত বা বিযুক্ত অবস্থায় থাকে না।

পরমাণুর যোজ্যতাসূচক রেখাগুলিকে পরমাণুর সহিত যুক্ত হুক্ হিসাবে কল্পনা করিয়া যৌগ গঠনে উহাদের পারস্পরিক সংযোগ সহজতর ভাবে বুঝা যায়। রাসায়নিক ক্রিয়ায় এই হুকগুলির সংযোগ সংঘটিত হইয়া কিভাবে বন্ধন রচিত এবং অণু গঠিত হয় তাহা নিম্নে কয়েকটি দৃষ্টান্ত দ্বারা বুঝানো হইল।

$$4H— + —C— \longrightarrow H—C—H$$

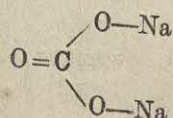
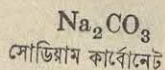
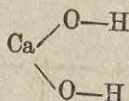
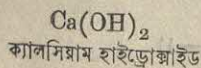
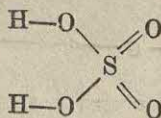
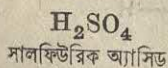
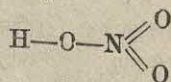
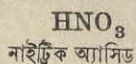
হাইড্রোজেন পরমাণু কার্বন পরমাণু

(মিথেন, H—C—H (with H above and below C))

$$O= + =C= + =O \longrightarrow O=C=O$$

অক্সিজেন পরমাণু কার্বন পরমাণু অক্সিজেন পরমাণু (কার্বন ডাই অক্সাইড, O=C=O)

বলা বাহুল্য, পরমাণুতে এইরূপ কোন হুক যুক্ত থাকে না। অণুর গঠন-কাঠামো সহজবোধ্য করিবার জন্য ইহা কল্পনা করা হইয়াছে।

এইরূপে, উপাদান মৌলগুলির যোজ্যতার পারস্পরিক প্রশমনে গঠিত বন্ধন বা যোজকের সাহায্যে অণুর সঙ্কেত প্রকাশ করিলে উহাকে **সংযুতি সঙ্কেত** বলা হয়। উহার সাহায্যে অণুর অভ্যন্তরীণ গঠন-কাঠামো জ্ঞাত হওয়া যায়। নিম্নে কয়েকটি যৌগের আণবিক সঙ্কেত ও সংযুতি সঙ্কেত দেওয়া হইল।

আণবিক সঙ্কেত	**সংযুতি সঙ্কেত**
HNO_3 নাইট্রিক অ্যাসিড	H—O—N(=O)(→O)
H_2SO_4 সালফিউরিক অ্যাসিড	(H—O)(H—O)S(=O)(=O)
$Ca(OH)_2$ ক্যালসিয়াম হাইড্রোক্সাইড	Ca(—O—H)(—O—H)
Na_2CO_3 সোডিয়াম কার্বোনেট	O=C(—O—Na)(—O—Na)

দ্রষ্টব্য ঃ (১) যোজ্যতার আধুনিক ব্যাখ্যা সম্পর্কে জানার পর দেখা যাইবে, এইরূপ সংযুতি বা রেখা-সঙ্কেত সকল যৌগের অণুর ক্ষেত্রে প্রয়োগ সঠিক হয় না। (২) অণুগঠনে উহার সমস্ত পরমাণুর যোজ্যতা পরিতৃপ্ত থাকিবে এই উক্তিরও ব্যতিক্রম আছে। যেমন, কার্বন মনোক্সাইড (CO) অণুর কার্বন পরমাণুর দুইটি যোজ্যতা অতৃপ্ত বা বিযুক্ত থাকিয়া যায়। এই সকল অণুকে অপূর্ণ অণু ধরা হয়। যথাস্থানে এই সকল বিষয়ের আলোচনা করা হইবে।

যৌগিক পদার্থের নামকরণ (Nomenclature of compounds): যৌগিক পদার্থের নাম হইতে উহার গঠন সম্পর্কে আভাস পাওয়া যায়।

দ্বি-যৌগিক পদার্থের নামকরণে প্রথমে ধাতব মৌল, হাইড্রোজেন ও অ্যামোনিয়াম মূলক উল্লেখ করিয়া নামের শেষে আইড (ide) যুক্ত করা হয়। দুইটি মৌল অধাতব হইলে কঠিন মৌল প্রথমে বসানোই রীতি।

কোন মৌলিক পদার্থের সহিত অক্সিজেনের যৌগকে অক্সাইড, সালফারের যৌগকে সালফাইড, কার্বনের যৌগকে (মৌলটি ধাতু হইলে) কার্বাইড, হাইড্রোজেনের যৌগকে হাইড্রাইড, নাইট্রোজেনের যৌগকে নাইট্রাইড, ক্লোরিনের যৌগকে ক্লোরাইড, ব্রোমিনের যৌগকে ব্রোমাইড, আয়োডিনের যৌগকে আয়োডাইড এবং ফসফরাসের যৌগকে (অপর মৌলটি ধাতু হইলে) ফসফাইড বলা হয়। যেমন,

জিঙ্ক অক্সাইড—ZnO ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড—Mg_3N_2
সোডিয়াম সালফাইড—Na_2S অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড—NH_4Cl
হাইড্রোজেন সালফাইড—H_2S ক্যালসিয়াম ব্রোমাইড—$CaBr_2$
ক্যালসিয়াম কার্বাইড—CaC_2 পটাসিয়াম আয়োডাইড—KI
সোডিয়াম হাইড্রাইড—NaH ক্যালসিয়াম ফসফাইড—Ca_3P_2

দুইটি মৌল পারস্পরিক ক্রিয়ায় একাধিক যৌগ উৎপন্ন করিলে মৌলের নিম্নতর যোজ্যতাসম্পন্ন অবস্থা বুঝাইতে 'আস' (ous) এবং উচ্চতর যোজ্যতা বুঝাইতে 'ইক্' (ic) যোগ করিতে হয়। যেমন,

কিউপ্রাস অক্সাইড—Cu_2O কিউপ্রিক অক্সাইড—CuO
(কপারের যোজ্যতা 1) (কপারের যোজ্যতা 2)
ফেরাস ক্লোরাইড—$FeCl_2$ ফেরিক ক্লোরাইড—$FeCl_3$
(আয়রনের যোজ্যতা 2) (আয়রনের যোজ্যতা 3)

আবার অনেক সময় যৌগে মৌলিক পদার্থের পরমাণুসংখ্যা নির্দেশ করার জন্য 'মনো' (mono), 'ডাই' (di), 'ট্রাই' (tri), 'টেট্রা' (tetra) ইত্যাদি যুক্ত করা হয়। যেমন,

কার্বন মনোক্সাইড—CO, কার্বন ডাই-অক্সাইড—CO_2
লেড মনোক্সাইড—PbO, লেড ডাই-অক্সাইড—PbO_2
ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইড—PCl_3 ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইড—PCl_5

মূলক-বর্তমান ধাতব যৌগের প্রথমে ধাতু (বা অ্যামোনিয়াম মূলক) এবং পরে মূলকটি বসাইয়া যৌগের নাম করিতে হয়। যেমন, সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড—

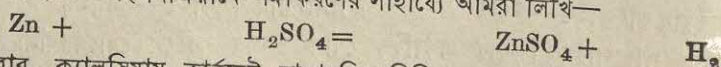
NaOH, অ্যামোনিয়াম সালফেট $(NH_4)_2SO_4$। মূলকের বাম দিকে হাইড্রোজেন থাকিলে ইহা বিভিন্ন অ্যাসিডের নাম ব্যক্ত করে। যেমন, সালফিউরিক অ্যাসিড H_2SO_4; ফসফরিক অ্যাসিড H_3PO_4, কার্বনিক অ্যাসিড H_2CO_3, নাইট্রিক অ্যাসিড HNO_3।

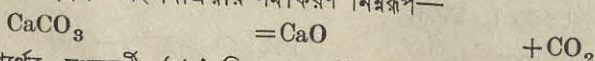
রাসায়নিক সমীকরণ (Chemical equation)**ঃ** যে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় এক বা একাধিক পদার্থের পরিবর্তনে এক বা একাধিক পদার্থের উৎপত্তি হয়। আমরা ইতিপূর্বে দেখিয়াছি, মৌল ও যৌগকে তাহাদের চিহ্ন এবং সঙ্কেত দ্বারা সংক্ষেপে প্রকাশ করা যাইতে পারে। সেইরূপ রসায়নশাস্ত্রে সমস্ত রাসায়নিক বিক্রিয়াকেও সংক্ষিপ্তভাবে প্রকাশ করিবার রীতি প্রচলিত আছে।

যে সকল পদার্থ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় পরিবর্তিত হয় অর্থাৎ বিক্রিয়ায় অংশ নেয়, তাহাদের পরস্পরের মধ্যে + চিহ্ন সহ বামদিকে এবং যে সকল পদার্থ বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন হয় তাহাদের পরস্পরের মধ্যে + চিহ্নসহ ডান দিকে লিখিয়া মাঝখানে একটি সমীকরণ চিহ্ন '=' বসাইয়া রাসায়নিক বিক্রিয়া প্রকাশ করা হয়। বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত মৌল ও যৌগ চিহ্ন ও সঙ্কেত দ্বারা সংক্ষেপে প্রকাশ করিয়া ইহাদের সাহায্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া সাঙ্কেতিকভাবে লেখা যায়।

চিহ্ন ও সঙ্কেতের সাহায্যে রাসায়নিক বিক্রিয়াকে সংক্ষিপ্তভাবে ব্যক্ত করিবার পদ্ধতিকে বলা হয় রাসায়নিক সমীকরণ।

যেমন, জিঙ্ক ও সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় জিঙ্ক সালফেট ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়াকে সমীকরণের সাহায্যে আমরা লিখি—

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

আবার, ক্যালসিয়াম কার্বনেট রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম অক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড দেয়। এই বিক্রিয়ার সমীকরণ নিম্নরূপ—

$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$

(পদার্থের মধ্যবর্তী '+' চিহ্নের অর্থ 'এবং'; '=' চিহ্নের অর্থ 'রাসায়নিক বিক্রিয়ায়'।)

নির্ভুল রাসায়নিক সমীকরণ লিখিবার নিয়ম (To write a correct chemical equation)**:** (ক) রাসায়নিক সমীকরণ একটি প্রকৃত রাসায়নিক বিক্রিয়া প্রকাশ করে। সুতরাং বিক্রিয়াতে অংশগ্রহণকারী বা বিক্রিয়ক (reactants) পদার্থ এবং বিক্রিয়ার ফলে উদ্ভূত পদার্থের নাম এবং তাহাদের মধ্যস্থিত মৌলের পরমাণুগুলির চিহ্ন জানা দরকার। (খ) সমীকরণে ব্যবহৃত প্রতিটি পদার্থকে (মৌলিক ও যৌগিক) অণুর সঙ্কেত দ্বারা প্রকাশ করিতে হয়। তবে হিলিয়াম, আর্গন প্রভৃতি নিষ্ক্রিয় গ্যাস, সোডিয়াম, মার্কারী ইত্যাদি ধাতুর ন্যায় এক-পরমাণুক মৌল চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করিতে হয়। অ্যালুমিনিয়াম, আয়রন, ম্যাগনেসিয়াম, কার্বন, সিলিকন প্রভৃতি কঠিন মৌলকে মুক্ত অবস্থায় উহাদের পরমাণুর চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ

করা হয়, কেননা কঠিন কোন মৌলের অণুতে পরমাণুসংখ্যা অনির্দিষ্ট ও পরিবর্তনশীল হইতে দেখা যায়। (গ) সমীকরণের চিহ্নের উভয় দিকে অণুর মধ্যস্থিত প্রতিটি মৌলের পরমাণুসংখ্যা অবশ্যই সমান রাখিতে হইবে। এইজন্য প্রয়োজন হইলে বিভিন্ন অণুর সংখ্যা বিভিন্ন করিতে হইবে।

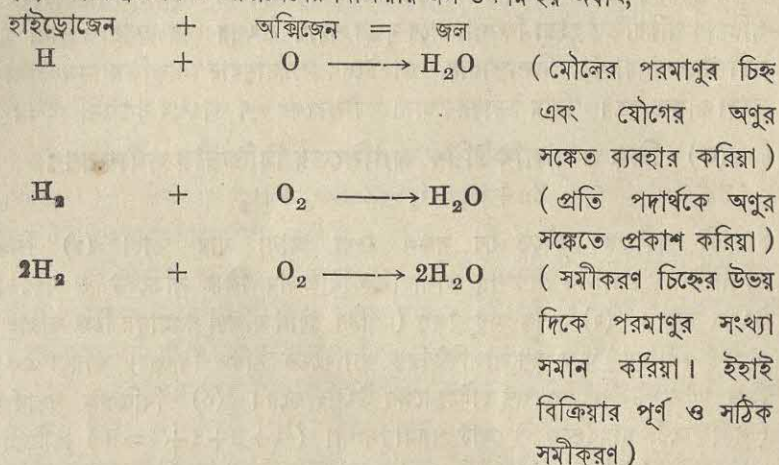
নিম্নে কয়েকটি বিক্রিয়া কিভাবে শুদ্ধ করিয়া লিখিতে হয় দেওয়া হইল।

(ক) হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের বিক্রিয়ায় জল উৎপন্ন হয় অর্থাৎ,

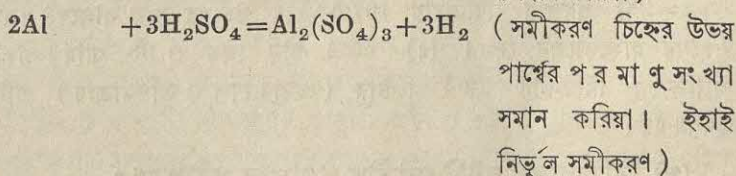
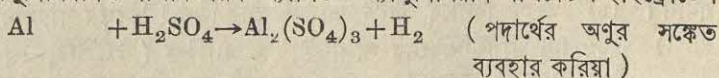
হাইড্রোজেন + অক্সিজেন = জল

$H + O \longrightarrow H_2O$ (মৌলের পরমাণুর চিহ্ন এবং যৌগের অণুর সঙ্কেত ব্যবহার করিয়া)

$H_2 + O_2 \longrightarrow H_2O$ (প্রতি পদার্থকে অণুর সঙ্কেতে প্রকাশ করিয়া)

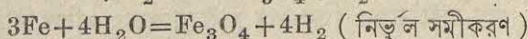
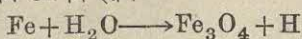
$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$ (সমীকরণ চিহ্নের উভয় দিকে পরমাণুর সংখ্যা সমান করিয়া। ইহাই বিক্রিয়ার পূর্ণ ও সঠিক সমীকরণ)

(খ) অ্যালুমিনিয়াম + সালফিউরিক অ্যাসিড = অ্যালুমিনিয়াম সালফেট + হাইড্রোজেন

$Al + H_2SO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + H_2$ (পদার্থের অণুর সঙ্কেত ব্যবহার করিয়া)

$2Al + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 3H_2$ (সমীকরণ চিহ্নের উভয় পার্শ্বের পরমাণু সংখ্যা সমান করিয়া। ইহাই নির্ভুল সমীকরণ)

(গ) উত্তপ্ত লৌহ ও জলীয় বাষ্পের বিক্রিয়ায় ফেরোসোফেরিক অক্সাইড ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

$Fe + H_2O \longrightarrow Fe_3O_4 + H$

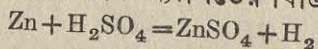
$Fe + H_2O \longrightarrow Fe_3O_4 + H_2$

$3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2$ (নির্ভুল সমীকরণ)

সব সময়েই সমীকরণের সামঞ্জস্য (balance) বিধান করিবার দিকে সতর্ক দৃষ্টি রাখিতে হয়, নতুবা ভরের নিত্যতা সূত্র ও ডালটনের পরমাণুবাদের সঙ্গে ইহার সঙ্গতি থাকে না। অনেক বিক্রিয়ায় সমীকরণের সামঞ্জস্যবিধান বেশ দুরূহ ব্যাপার। সেই সকল ক্ষেত্রে সমগ্র বিক্রিয়াটিকে কয়েকটি সম্ভাব্য পর্যায়ে বা ধাপে ভাগ করিয়া প্রতিটি ধাপকে আংশিক সমীকরণে ব্যক্ত করা হয়। আংশিক সমীকরণগুলির যোগফল

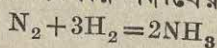
হইতে সম্পূর্ণ সমীকরণের সামঞ্জস্য সহজ হয়। এই সকল অপেক্ষাকৃত জটিল বিক্রিয়ার সমীকরণ যথাস্থানে আলোচনা করা হইবে।

রাসায়নিক সমীকরণ মাত্রেই গুণগত (Qualitative) এবং পরিমাণগত (Quantitative), দুই রকম তথ্য প্রকাশ করে। সমীকরণ হইতে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় পদার্থের কি পরিবর্তন হইল, পরিবর্তনের ফলস্বরূপ কি কি পদার্থ গঠিত হইল, ইত্যাদি যেমন জানা যায়, তেমনি ইহা দ্বারা কোন্ কোন্ পদার্থের কি পরিমাণ পরিবর্তিত হইয়া কি পরিমাণে নূতন পদার্থ উৎপন্ন হয় তাহাও জানা যায়। সমীকরণে পদার্থের নিত্যতাবাদ, ডালটনের পরমাণুবাদ প্রভৃতির মূল কথাগুলি সর্বদা রক্ষিত হয়। নিম্নে উদাহরণ দ্বারা সমীকরণের পূর্ণ তাৎপর্য বুঝানো হইল।

(ক) জিঙ্ক ও সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার সমীকরণ :

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

এই সমীকরণ হইতে যে সকল তথ্য জানা যায় তাহা (১) জিঙ্ক ও সালফিউরিক অ্যাসিড পরস্পর রাসায়নিক বিক্রিয়ায় জিঙ্ক সালফেট ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। (২) এক অণু জিঙ্ক (কঠিন পদার্থ বলিয়া পরমাণুর চিহ্ন দ্বারাই অণু প্রকাশ করা হয়) এক অণু সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া এক অণু জিঙ্ক সালফেট ও এক অণু হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। (৩) বিক্রিয়ক পদার্থগুলির (সমীকরণের বাম দিকের) মোট পরমাণুসংখ্যা $(1+2+1+4=8)$ বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির (সমীকরণের ডান দিকের) মোট পরমাণুসংখ্যার $(1+1+4+2=8)$ সমান। (৪) ওজন হিসাবে 65·4 ভাগ ওজনের জিঙ্ক (জিঙ্কের পারমাণবিক গুরুত্ব 65·4) এবং 98 ভাগ ওজনের সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4-এর আণবিক গুরুত্ব=98) পরস্পর বিক্রিয়ায় 161·4 ভাগ ওজনের জিঙ্ক সালফেট এবং 2 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন দেয়। (৫) 65·4 গ্রাম জিঙ্ক ও 98 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় 22·4 লিটার (প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায়) হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

(খ) বিক্রিয়ারত দুইটি গ্যাসীয় পদার্থের সমীকরণ :

$$N_2 + 3H_2 = 2NH_3$$

উপরের সমীকরণ হইতে আমরা বুঝি—

(১) নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন রাসায়নিকভাবে যুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে। (২) এক অণু নাইট্রোজেন তিন অণু হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া দুই অণু অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে। (৩) বিক্রিয়ারত পদার্থগুলির (সমীকরণের বাম দিকের) মোট পরমাণুসংখ্যা $(2+3\times2=8)$ বিক্রিয়াজাত পদার্থের (সমীকরণের ডান দিকের) মোট পরমাণুসংখ্যার $[2\times(1+3)=8]$ সমান। (৪) ওজন হিসাবে 2×14 বা 28 ভাগ ওজনের নাইট্রোজেন এবং 3×2 বা 6 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের রাসায়নিক সংযুক্তিতে $2\times(14+3)$ বা 34 ভাগ

ওজনের অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। (৫) বিক্রিয়ার পূর্বে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী পদার্থগুলির ওজন ($2\times14+3\times2$) বিক্রিয়া-শেষে বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের ওজন $[2\times(14+3)]$ একই হয়। (৬) একই চাপ ও তাপমাত্রায় এক আয়তন নাইট্রোজেন ও তিন আয়তন হাইড্রোজেন রাসায়নিকভাবে মিলিত হইয়া 2 আয়তন অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে।

সংক্ষেপে বলিতে গেলে রাসায়নিক সমীকরণ হইতে বিক্রিয়া সম্বন্ধে যে সকল মূল্যবান তথ্য জ্ঞাত হওয়া যায় তাহা (১) বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থের নাম, (২) উহাদের পরমাণু ও অণুর সংখ্যা এবং উহাদের আপেক্ষিক পরিমাণ এবং বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী পদার্থ বা বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ গ্যাসীয় হইলে উহাদের আপেক্ষিক আয়তন।

রাসায়নিক সমীকরণের অসম্পূর্ণতা (Limitations of a chemical equation): রসায়নশাস্ত্রে সমীকরণ হইতে অনেক তথ্য জানা গেলেও কতকগুলি বিষয়ে ইহা কোন আলোকপাত করে না। যথা,

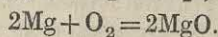
(১) সমীকরণে ব্যবহৃত বিক্রিয়ারত ও বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির ভৌত অবস্থা (কঠিন, তরল বা গ্যাসীয়) সমীকরণ হইতে জানা সম্ভব নহে। $C+H_2O=CO+H_2$ এই সমীকরণ হইতে সমীকরণে ব্যবহৃত পদার্থগুলির কোনটির ভৌত অবস্থা জানা যায় না। (২) বিক্রিয়ার ফলে তাপের উদ্ভব হইল কি তাপ গৃহীত হইল অর্থাৎ বিক্রিয়াটি তাপমোচী কি তাপগ্রাহী তাহা জানা যায় না। যেমন, $N_2+3H_2=2NH_3$, এই বিক্রিয়ায় 24,000 cal. তাপের উদ্ভব হয়, কিন্তু সমীকরণ হইতে তাহা জানিবার উপায় নাই। (৩) কোন্ কোন্ শর্তে (অর্থাৎ বিক্রিয়াটি ঘটাইতে তাপ, চাপ, বিদ্যুৎ-শক্তি, অনুঘটক ইত্যাদির প্রয়োজন কিনা) রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে তাহা বুঝা যায় না। যেমন, $N_2+3H_2=2NH_3$, এই বিক্রিয়াটি উপযুক্তভাবে ঘটাইতে 200 অ্যাট্‌মসফিয়ার চাপ, 550°C তাপমাত্রা এবং লৌহচূর্ণ অনুঘটকের উপস্থিতি প্রয়োজন হয়। কিন্তু সমীকরণ হইতে এই সকল তথ্য কিছুই জানা যায় না। (৪) বিক্রিয়াটি দ্রুতগতি না মন্দগতি তাহাও সমীকরণ হইতে জানিবার উপায় নাই। অর্থাৎ বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হইতে কত সময় লাগিবে তাহা সমীকরণ হইতে জানা যায় না। (৫) সমীকরণে ব্যবহৃত পদার্থের ঘনত্ব সম্বন্ধেও কোন তথ্য সমীকরণ হইতে জানা যায় না। $Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2$, এই বিক্রিয়ায় জিঙ্ক ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড বিক্রিয়া করে, কিন্তু সমীকরণ হইতে সালফিউরিক অ্যাসিডের লঘুত্ব সম্বন্ধে কিছু জানিবার উপায় থাকে না। (৬) বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলি পুনরায় বিক্রিয়ক পদার্থে পরিণত হইতে পারে কিনা অর্থাৎ বিক্রিয়াটি উভমুখী কিনা তাহা সমীকরণ হইতে জানা যায় না। যেমন, $NH_4Cl=NH_3+HCl$. এই বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড তাপ-প্রয়োগে অ্যামোনিয়া ও হাইড্রোজেন -ক্লোরাইড গঠন করে, কিন্তু উৎপন্ন পদার্থ দুইটি আবার মিলিত হইয়া অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডে পরিণত হইতে পারে, অর্থাৎ এই বিক্রিয়াটি উভমুখী বিক্রিয়া। কিন্তু সমীকরণে এই তথ্য পরিবেশিত হয় না।

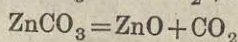
এখানে সর্বদা ব্যবহৃত কয়েকটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার প্রকার (type) সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত আলোচনা করা প্রয়োজন।

রাসায়নিক বিক্রিয়ার প্রকার (Types of Chemical Reactions) ঃ

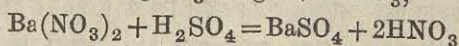
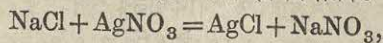
(১) সংশ্লেষণ বা সাক্ষাৎ সংযোগ (Synthesis or Direct Union) :

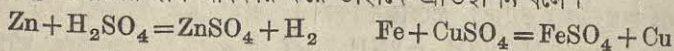
যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কোন যৌগ তাহার উপাদানগুলির প্রত্যক্ষ সংযোগে গঠিত হয় তাহাকে সংশ্লেষণ বলা হয়। যথা, $C+O_2=CO_2$;

$$2Mg+O_2=2MgO.$$

(২) বিশ্লেষণ বা বিযোজন (Analysis or Decomposition) : যে বিক্রিয়ায় কোন যৌগিক পদার্থ একাধিক পদার্থে (মৌলিক বা যৌগিক) পরিণত হয় তাহাকে বলা হয় বিশ্লেষণ বা বিযোজন। যেমন, $2KNO_3=2KNO_2+O_2$

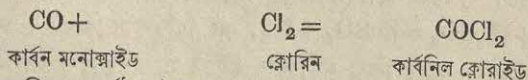
$$ZnCO_3=ZnO+CO_2$$

(৩) বিপরিবর্ত বা বিনিময় ক্রিয়া (Double decomposition or mutual exchange) : যে ক্রিয়ায় দুইটি যৌগিক পদার্থ পরস্পরের উপাদানের স্থান বিনিময় দ্বারা নূতন নূতন পদার্থ গঠন করে তাহাকে বলা হয় বিপরিবর্ত ক্রিয়া।

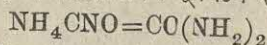
$$NaCl+AgNO_3=AgCl+NaNO_3,$$

$$Ba(NO_3)_2+H_2SO_4=BaSO_4+2HNO_3$$

(৪) প্রতিস্থাপন (Replacement or Substitution) : যে বিক্রিয়ায় কোন যৌগের মধ্যস্থিত কোন একটি মৌল অপর কোন মৌল দ্বারা বিচ্যুত হয় এবং অপর মৌলটি ঐ মৌলের স্থান অধিকার করে তাহাকে প্রতিস্থাপন বলে।

$Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2$ $\quad$ $Fe+CuSO_4=FeSO_4+Cu$

দ্রষ্টব্য ঃ অনেক সময় বিক্রিয়াজাত পদার্থ গ্যাসীয় বুঝাইবার জন্য গ্যাসীয় পদার্থের ডান দিকে ↑ চিহ্ন এবং বিক্রিয়ায় কোন অধঃক্ষেপ সৃষ্ট হইলে অধঃক্ষেপের ডান পাশে ↓ চিহ্ন ব্যবহার করা হয়।

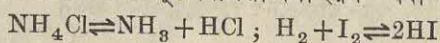
(৫) যুত-বিক্রিয়া (Addition reaction) : যে বিক্রিয়ায় কোন যৌগের অণু অন্য কোন অণুর সহিত সরাসরি যুক্ত হয় এবং অণু দুইটির কোন অংশই পৃথক হয় না তাহাকে যুত-বিক্রিয়া বলে।

$CO+$	$Cl_2=$	$COCl_2$
কার্বন মনোক্সাইড	ক্লোরিন	কার্বনিল ক্লোরাইড

(৬) পারমাণবিক পুনর্গঠন (Rearrangement of atoms or Isomerism) : যে বিক্রিয়ায় কোন যৌগের অণুস্থিত পরমাণুগুলির ব্যবস্থাপনার পরিবর্তন দ্বারা নূতন যৌগ উৎপন্ন হয় তাহাকে পারমাণবিক পুনর্গঠন বলা হয়।

$$NH_4CNO=CO(NH_2)_2$$

অ্যামোনিয়াম সায়ানেটকে উত্তপ্ত করিলে ইহার পরমাণুর পুনর্গঠনের ফলে ইউরিয়া প্রস্তুত হয়। এখানে লক্ষ্য করিবার বিষয়, এই বিক্রিয়ায় অণুস্থিত পরমাণুগুলির শতকরা মাত্রা অপরিবর্তিত থাকে।

ইহা ছাড়া প্রশমন ক্রিয়া (neutralisation), জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া (oxidation reduction reaction), বিয়োজন (dissociation), আর্দ্র-বিশ্লেষণ (hydrolysis), বহু-যৌগিক ক্রিয়া (polymerisation) ইত্যাদির আলোচনা যথাস্থানে করা হইবে।

(৭) উভমুখী বিক্রিয়া (Reversible reaction) : যদি বিক্রিয়ক পদার্থ হইতে উদ্ভূত পদার্থসমূহ পুনরায় বিক্রিয়ক পদার্থে পরিণত হইতে পারে, তবে সমীকরণে এই দুইটি বিপরীত ক্রিয়া প্রকাশ করিবার জন্য '=' চিহ্নের পরিবর্তে $\rightleftharpoons$ চিহ্ন ব্যবহার করা হয়। এইরূপ বিক্রিয়াকে উভমুখী বিক্রিয়া বলা হয়। যথা—

$$NH_4Cl \rightleftharpoons NH_3 + HCl \; ; \; H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$$

এই বিষয়ে নবম অধ্যায়ে আলোচনা করা হইবে।

রাসায়নিক গণনা

(ক) রাসায়নিক সমীকরণ হইতে বিক্রিয়ক পদার্থ ও বিক্রিয়াজাত পদার্থের ওজন সংক্রান্ত গণনা (Calculations from chemical equations involving weights of reactants and products)

ইতিপূর্বে রাসায়নিক সমীকরণের তাৎপর্য আলোচনা প্রসঙ্গে ইহার পরিমাণবাচক দিকের কথা বলা হইয়াছে। সুতরাং একটি রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কি পরিমাণ বিক্রিয়ক পদার্থের প্রয়োজন অথবা কি পরিমাণ বিক্রিয়ক হইতে কি পরিমাণ বিক্রিয়াজাত পদার্থ উৎপন্ন হইবে তাহা সমীকরণের সাহায্যে জানা সম্ভব। এইরূপ রাসায়নিক গণনাকালে কতকগুলি সাধারণ নিয়ম সম্বন্ধে অবহিত থাকিতে হয়।

(১) রাসায়নিক বিক্রিয়াটি প্রথমে সম্পূর্ণ ও সঠিকভাবে লিখিতে হইবে। (২) সমীকরণের বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত মৌলিক ও যৌগিক পদার্থের পারমাণবিক ও আণবিক গুরুত্ব উহাদের সঙ্কেতের নীচে লিখিতে হইবে। (৩) নির্ণেয় ওজন সমীকরণের লিখিত ওজনগুলির অনুপাত এবং প্রদত্ত উপাত্ত (data) হইতে বাহির করিতে হইবে। (৪) গণনার সর্বক্ষেত্রে এক প্রকারের একক ব্যবহার করিতে হইবে।

গণনাকালে মনে রাখা দরকার—

(ক) পদার্থের ঘনত্ব (density) $= \frac{\text{ভর}}{\text{আয়তন}}$ অর্থাৎ $\left(d = \frac{m}{V} \right)$

(খ) আপেক্ষিক গুরুত্ব $= \frac{\text{পদার্থের ভর}}{\text{সম-আয়তন জলের } (4^\circ C) \text{ ভর}}$ ।

(গ) পদার্থের ওজন = (আপেক্ষিক গুরুত্ব × আয়তন) গ্রাম

(ঘ) কঠিন পদার্থের শতকরা হিসাব ওজন হিসাবে ধরা হয়। যেমন, একটি কঠিন পদার্থ 90% বিশুদ্ধ অর্থে ঐ পদার্থের 100 ভাগ ওজনে 90 ভাগ ওজন পদার্থটি বিশুদ্ধ অবস্থায় আছে।

(ঙ) গ্যাসীয় পদার্থের শতকরা হিসাব অধিকাংশ ক্ষেত্রে আয়তন হিসাবে ধরা হয়।

(চ) তরল পদার্থের ক্ষেত্রে শতকরা হিসাব দুইভাবে ধরা হয়। যেমন, 100 ভাগ ওজনের তরলে বা দ্রবণে কত ভাগ ওজনের পদার্থটি আছে, অথবা 100 c.c. তরলে বা দ্রবণে কত গ্রাম পদার্থ বর্তমান।

(ছ) একই চাপ ও উষ্ণতায় কোন গ্যাস উহার সমআয়তন হাইড্রোজেন অপেক্ষা যত গুণ ভারী ঐ সংখ্যাই ঐ গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব।

$$\therefore \text{ বাষ্পীয় ঘনত্ব} = \frac{\text{নির্দিষ্ট আয়তনের গ্যাসের ওজন}}{\text{সম-আয়তনের হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

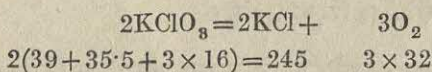
(একই চাপ ওতাপমাত্রায়)

উদাহরণ—

(১) 5 গ্রাম অক্সিজেন প্রস্তুত করিতে কতখানি পটাসিয়াম ক্লোরেট প্রয়োজন?

(K=39, Cl=35·5)

$$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$$

$$2(39+35{\cdot}5+3\times16)=245 \qquad 3\times32$$

সমীকরণ হইতে দেখা যায়—

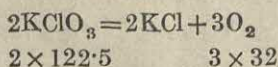
96 গ্রাম অক্সিজেন প্রস্তুত করিতে 245 গ্রাম $KClO_3$ প্রয়োজন

$\therefore$ 5 " " " " $\frac{245\times5}{96}$ বা 12·76 গ্রাম $KClO_3$ প্রয়োজন।

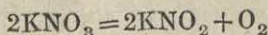
(২) 20 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করিয়া সর্বাধিক যে পরিমাণ অক্সিজেন পাওয়া যায় সেই পরিমাণ অক্সিজেন পাইতে হইলে পৃথকভাবে (ক) কতখানি পটাসিয়াম নাইট্রেট এবং (খ) কতখানি মারকিউরিক অক্সাইডকে উত্তপ্ত করিতে হইবে?

(K=39, Cl=35·5, Hg=200)

$$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$$

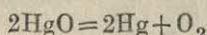
$$2\times122{\cdot}5 \qquad 3\times32$$

245 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে অক্সিজেন পাওয়া যায় 96 গ্রাম

$\therefore$ 20 " " " " " " $\frac{96\times20}{245}$ বা 7·84 গ্রাম।

$$2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2$$

$$2(39+14+3\times16) = 202 \qquad 32$$

32 গ্রাম অক্সিজেন পাইতে 202 গ্রাম KNO_3 প্রয়োজন

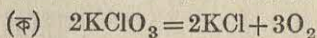
$\therefore$ 7·84 " " " $\frac{202\times7{\cdot}84}{32}$ বা 49·49 গ্রাম KNO_3 প্রয়োজন।

$$2HgO = 2Hg + O_2$$

$$2(200+16) \qquad 32$$

32 গ্রাম অক্সিজেন পাইতে 432 গ্রাম HgO প্রয়োজন

$\therefore$ 7·84 " " " $\frac{432\times7{\cdot}84}{32}$ বা 105·84 গ্রাম HgO প্রয়োজন।

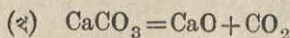
(৩) 1 গ্রাম করিয়া (ক) $KClO_3$ (খ) $CaCO_3$ (গ) Mg (ঘ) $Pb(NO_3)_2$ কে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে প্রতি ক্ষেত্রে কতটা ওজন হ্রাস বা বৃদ্ধি হইবে ?

(ক) $2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$

$2 \times 122{\cdot}5 \qquad 3 \times 32$

অক্সিজেন গ্যাস নির্গত হওয়ায় ওজন হ্রাস পাইবে।

245 গ্রাম $KClO_3$ হইতে ওজন হ্রাস হয় 96 গ্রাম

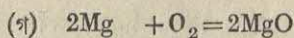
∴ 1 " " " " " " $\frac{96}{245}$ বা 0·39 গ্রাম।

(খ) $CaCO_3 = CaO + CO_2$

100 44

কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত হওয়ায় ওজনের হ্রাস হয়।

100 গ্রাম $CaCO_3$ হইতে ওজন হ্রাস হয় 44 গ্রাম

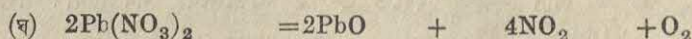
1 " " " " " " $\frac{44}{100}$ বা 0·44 গ্রাম

(গ) $2Mg + O_2 = 2MgO$

$2 \times 24. \quad 32$

ম্যাগনেসিয়ামের সহিত অক্সিজেন যুক্ত হওয়ায় ওজন বৃদ্ধি পাইবে।

48 গ্রাম Mg লইলে ওজন বৃদ্ধি হয় 32 গ্রাম

∴ 1 " " " " " " $\frac{32}{48}$ বা 0·667 গ্রাম

(ঘ) $2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2$

$2 \times (207 + 2 \times 14 + 96) \qquad 4(14 + 2 \times 16) \quad 32$

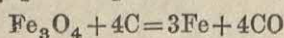
$= 662 \qquad = 184$

নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেন দুইটি গ্যাস নির্গত হওয়ায় এক্ষেত্রে ওজন হ্রাস পায়।

662 গ্রাম $Pb(NO_3)_2$ লইলে ওজন হ্রাস হয় (184+32) বা 216 গ্রাম

∴ 1 " " " " " " $\frac{216}{662}$ বা 0·32 গ্রাম।

(৪) একটি ম্যাগনেটাইট আকরিকে শতকরা 60 ভাগ ফেরোসোফেরিক অক্সাইড আছে। এই আকরিকের 50 কিলোগ্রামকে কার্বন দ্বারা উত্তপ্ত করিয়া কতটা লৌহ পাওয়া যাইবে ? [Fe=56]

$Fe_3O_4 + 4C = 3Fe + 4CO$

232 168

100 কি.গ্রা. আকরিকে আয়রন অক্সাইডের পরিমাণ 60 কি. গ্রা.

∴ 50 " " " " " $\frac{60 \times 50}{100} = 30$ কি. গ্রা.

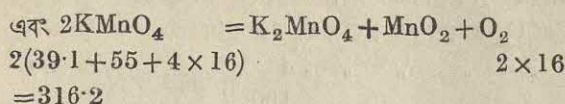
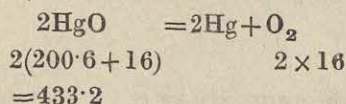
দেখা যাইতেছে, 232 কি.গ্রা আয়রন অক্সাইড হইতে প্রাপ্ত আয়রনের পরিমাণ 168 কি. গ্রা.

∴ „ 30 „ „ „ „ „ „ $\frac{168 \times 30}{232}$ বা 21·72 কি.গ্রা. ।

(৫) 4·332 গ্রাম HgO উত্তপ্ত করিয়া যে পরিমাণ অক্সিজেন পাওয়া যায় সেই পরিমাণ অক্সিজেন পাইতে 96% বিশুদ্ধ $KMnO_4$-এর কত গ্রাম উত্তপ্ত করিতে হইবে ? (K=39·1, Mn=55, Hg=200·6)

$$2HgO = 2Hg + O_2$$
$$2(200{\cdot}6+16) \qquad 2\times16$$
$$=433{\cdot}2$$

এবং $2KMnO_4 = K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2$

$$2(39{\cdot}1+55+4\times16) \qquad 2\times16$$
$$=316{\cdot}2$$

উপরের সমীকরণ দুইটি হইতে দেখা যায়, একই পরিমাণ অর্থাৎ 32 গ্রাম অক্সিজেন উৎপন্ন করিতে 433·2 গ্রাম HgO অথবা 316·2 গ্রাম বিশুদ্ধ $KMnO_4$ প্রয়োজন।

433·2 গ্রাম HgO হইতে যে পরিমাণ অক্সিজেন পাওয়া যায় সেই পরিমাণ অক্সিজেন পাওয়া যায় 316·2 গ্রাম $KMnO_4$ হইতে।

∴ 4·332 গ্রাম HgO হইতে উৎপন্ন অক্সিজেনের সমপরিমাণ অক্সিজেন পাওয়া যায় $\frac{316{\cdot}2\times4{\cdot}332}{433{\cdot}2}$ বা 3·162 গ্রাম বিশুদ্ধ $KMnO_4$ হইতে।

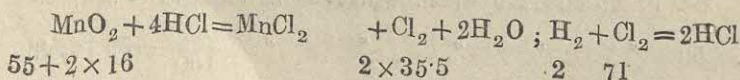
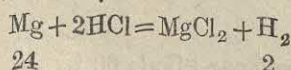
প্রশ্নানুসারে,

96% বিশুদ্ধ অর্থাৎ 96 গ্রাম বিশুদ্ধ $KMnO_4$ আছে 100 গ্রাম অবিশুদ্ধ নমুনায়

∴ 3·162 „ „ „ „ $\frac{100\times3{\cdot}162}{96}$ বা 3·294 গ্রাম অবিশুদ্ধ নমুনায়।

(৬) 45·3125 গ্রাম পাইরোলুসাইট (অবিশুদ্ধ MnO_2) অতিরিক্ত পরিমাণ HCl-এর সহিত বিক্রিয়ায় যে পরিমাণ ক্লোরিন নির্গত করে তাহা 10 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম-এর সহিত লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হাইড্রোজেনের সঙ্গে সম্পূর্ণভাবে যুক্ত হয়। পাইরোলুসাইটে MnO_2-এর বিশুদ্ধতার শতকরা মাত্রা কত ?

$$Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2$$
$$24 \qquad\qquad 2$$

$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O \; ; \; H_2 + Cl_2 = 2HCl$$
$$55+2\times16 \qquad 2\times35{\cdot}5 \qquad 2 \quad 71$$

উক্ত সমীকরণ তিনটি হইতে দেখা যায়, 24 গ্রাম Mg ব্যবহৃত হইলে যে পরিমাণ H_2 উৎপন্ন হয় তাহার সহিত সম্পূর্ণভাবে বিক্রিয়া করিতে যে পরিমাণ ক্লোরিন প্রয়োজন (71 গ্রাম) তাহা পাইতে হইলে 87 গ্রাম বিশুদ্ধ MnO_2 প্রয়োজন।

∴ 10 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম ব্যবহৃত হইলে প্রয়োজনীয় MnO_2-এর পরিমাণ $\frac{87 \times 10}{24}$ বা 36·25 গ্রাম।

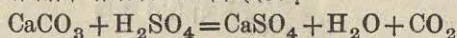
প্রশ্নানুসারে,

45·3125 গ্রাম অবিশুদ্ধ নমুনায় 36·25 গ্রাম বিশুদ্ধ MnO_2 বর্তমান

∴ 100 " " " $\frac{36 \cdot 25 \times 100}{45 \cdot 3125}$ বা 80 গ্রাম বিশুদ্ধ MnO_2 বর্তমান।

∴ MnO_2-এর বিশুদ্ধতার মাত্রা 80%।

(৭) 10 গ্রাম চকের সহিত সমপরিমাণ ওজনের H_2SO_4 মিশাইলে কতখানি ক্যালসিয়াম সালফেট উৎপন্ন হইবে ?

$$CaCO_3 + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2O + CO_2$$

100 98 136

100 গ্রাম $CaCO_3$ বিক্রিয়া করে 98 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত

∴ 10 " " " " $\frac{98 \times 10}{100} = 9 \cdot 8$ গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত।

সুতরাং বিক্রিয়ায় $CaCO_3$ সম্পূর্ণ ব্যয়িত হইবে এবং 0·2 গ্রাম H_2SO_4 অবিকৃত থাকিবে।

এখন 100 গ্রাম $CaCO_3$ হইতে উৎপন্ন $CaSO_4$-এর পরিমাণ 136 গ্রাম

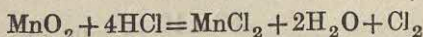
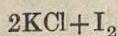
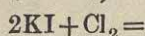
∴ 10 " " " " " " " $\frac{136 \times 10}{100}$ বা 13·6 গ্রাম

(৮) 16 গ্রাম বিশুদ্ধ ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড অতিরিক্ত পরিমাণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড সহ উত্তপ্ত করিয়া উৎপন্ন গ্যাস পটাসিয়াম আয়োডাইডের দ্রবণের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করা হইল। এই প্রক্রিয়ায় কি পরিমাণ আয়োডিন উৎপাদিত হইবে ?

($Mn = 55$, $Cl = 35 \cdot 5$ এবং $I = 127$)

$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2$$

$(55 + 2 \times 16)$ $2 \times 35 \cdot 5$

$$2KI + Cl_2 = 2KCl + I_2$$

71 2×127

উপরের সমীকরণ হইতে দেখা যায়, 87 গ্রাম ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় 71 গ্রাম ক্লোরিন উৎপন্ন করে, যাহা পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ হইতে 254 গ্রাম আয়োডিন মুক্ত করে।

87 গ্রাম ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড হইতে উৎপন্ন ক্লোরিন 254 গ্রাম আয়োডিন তৈয়ারী করে।

$\therefore$ 16 " " " " " " $\frac{254 \times 16}{87}$

বা 46·71 গ্রাম আয়োডিন তৈয়ারী করে।

(৯) 13 গ্রাম জিঙ্কের সহিত সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় যে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় তাহা পৃথক্‌ভাবে তপ্ত নলে রক্ষিত (ক) 10 গ্রাম (খ) 20 গ্রাম বিশুদ্ধ ও শুষ্ক কিউপ্রিক অক্সাইডের উপর দিয়া প্রবাহিত করা লইল। প্রতি ক্ষেত্রে অবশেষের ওজন কত হইবে এবং প্রতি ক্ষেত্রে ইহার উপাদানের পরিমাণ কি হইবে?

[Cu = 63, Zn = 65]

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$
$$65 \qquad\qquad\qquad\qquad 2$$

65 গ্রাম জিঙ্ক হইতে প্রাপ্ত হাইড্রোজেনের পরিমাণ 2 গ্রাম

$\therefore$ 13 " " " " " " $\frac{2 \times 13}{65}$ বা 0·4 গ্রাম

$$CuO + H_2 = Cu + H_2O$$
$$79 \quad 2 \quad 63$$

2 গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়ার জন্য প্রয়োজনীয় CuO-এর পরিমাণ = 79 গ্রাম

$\therefore$ 0·4 " " " " " " $\frac{79 \times 0{\cdot}4}{2}$ গ্রাম

বা 15·8 গ্রাম

আবার, 2 গ্রাম হাইড্রোজেন দ্বারা কপার উৎপন্ন হয় 63 গ্রাম

$\therefore$ 0·4 " " " " " " $\frac{63 \times 0{\cdot}4}{2}$ বা 12·6 গ্রাম

(ক) এখানে উৎপন্ন হাইড্রোজেন সমস্ত CuO (10 গ্রাম)-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া কপার উৎপন্ন করে।

79 গ্রাম CuO হইতে উৎপন্ন কপারের পরিমাণ 63 গ্রাম

$\therefore$ 10 " " " " " " $\frac{63 \times 10}{79}$ বা 7·97 গ্রাম

$\therefore$ অবশেষ হিসাবে শুধু 7·97 গ্রাম কপার থাকে।

(খ) এক্ষেত্রে উৎপন্ন হাইড্রোজেন সমস্ত CuO (20 গ্রাম)-এর সহিত বিক্রিয়া করিতে সক্ষম নহে। সুতরাং অবশেষ CuO এবং Cu-এর মিশ্রণ হইবে। দেখা যাইতেছে 0·4 গ্রাম হাইড্রোজেন 15·8 গ্রাম CuO-এর সহিত বিক্রিয়া করে।

$\therefore$ অপরিবর্তিত CuO-এর পরিমাণ = 20 − 15·8 = 4·2 গ্রাম।

আবার 0·4 গ্রাম হাইড্রোজেন 15·8 গ্রাম CuO-এর সহিত বিক্রিয়ায় 12·6 গ্রাম কপার উৎপন্ন করে।

অতএব অবশেষে = 4·2 গ্রাম CuO + 12·6 গ্রাম কপার

∴ অবশেষের মোট ওজন 4·2 + 12·6 = 16·8 গ্রাম

(১০) একটি নমুনা কয়লায় কার্বন 85%, হাইড্রোজেন 5% এবং অক্সিজেন 10% আছে। ঐ কয়লার 1·5 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড মুক্ত শুষ্ক বায়ুতে দহন করিয়া বিক্রিয়াজাত পদার্থকে পর পর সজ্জিত পূর্বে ওজন জানা দুইটি U-নলে প্রবাহিত করা হইল। U-নলের প্রথমটিতে অনার্দ্র $CaCl_2$ এবং দ্বিতীয়টিতে সোডা লাইম রাখা আছে। U-নল দুইটির ওজনের কিরূপ পরিবর্তন হইবে নির্ণয় কর।

এখানে কয়লা বায়ুতে দহন করাতে CO_2 এবং স্টীম উৎপন্ন হয়। স্টীম অনার্দ্র $CaCl_2$ পূর্ণ U-নলে এবং CO_2 সোডা লাইম পূর্ণ U-নলে শোষিত হইয়া উহাদের ওজন বৃদ্ধি করে।

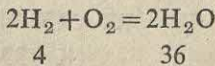
100 গ্রাম কয়লায় কার্বন বর্তমান 85 গ্রাম

∴ 1·5 " " " " $\frac{85 \times 1.5}{100}$ বা 1·275 গ্রাম

100 " " হাইড্রোজেন বর্তমান 5 গ্রাম

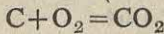
∴ 1·5 " " " " $\frac{5 \times 1.5}{100}$ বা 0·075 গ্রাম

$2H_2 + O_2 = 2H_2O$

4   36

4 গ্রাম হাইড্রোজেন হইতে উৎপন্ন হয় 36 গ্রাম জলীয় বাষ্প।

∴ 0·075 " " " " " $\frac{36 \times 0.075}{4}$ বা 0·675 গ্রাম জলীয় বাষ্প।

∴ $CaCl_2$-পূর্ণ U-নলের ওজন-বৃদ্ধি = 0·675 গ্রাম

$C + O_2 = CO_2$

12   44

12 গ্রাম কার্বন হইতে উৎপন্ন হয় 44 গ্রাম CO_2

∴ 1·275 " " " " " $\frac{44 \times 1.275}{12}$ বা 4·675 গ্রাম CO_2

∴ সোডা লাইম পূর্ণ U-নলে ওজন বৃদ্ধি = 4·675 গ্রাম।

(১১) জিঙ্কের একটি নমুনাতে কিছু অবিশুদ্ধি আছে যাহা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়া করে না। এইরূপ জিঙ্কের 10 গ্রাম 30·1 c. c. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত সম্পূর্ণরূপে ক্রিয়া করে। অ্যাসিডের আপেক্ষিক গুরুত্ব যদি 1·18 হয় এবং ইহাতে ওজন হিসাবে 30% HCl থাকে, তাহা হইলে নমুনাটিতে ধাতুর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। [Zn = 65·38]

আপেক্ষিক গুরুত্ব = 1·18

অর্থাৎ 1 c. c. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ওজন 1·18 গ্রাম

∴ 30·1 c. c. " " " $30·1 \times 1·18 = 35·518$ গ্রাম

100 গ্রাম অ্যাসিডে খাঁটি অ্যাসিড 30 গ্রাম

∴ 35·518 " " " $\frac{30 \times 35·518}{100} = 10·6554$ গ্রাম

$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$

65·38 $2 \times 36·5$

∴ 73 গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড 65·38 গ্রাম জিঙ্কের সহিত ক্রিয়া করে।

∴ 10·6554 গ্রাম " " $\frac{65·38 \times 10·6554}{73}$

বা 9·54 গ্রাম জিঙ্কের সহিত ক্রিয়া করে।

কিন্তু প্রশ্নানুসারে 10 গ্রাম জিঙ্ক 30·1 c. c. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়া করে।

∴ নমুনাটির 10 গ্রামে বিশুদ্ধ জিঙ্কের পরিমাণ 9·54 গ্রাম।

∴ " 100 " " " " $\frac{9·54 \times 100}{10}$ বা 95·4 গ্রাম

∴ নির্ণেয় পরিমাণ 95·4%

(১২) KCl এবং KI-এর একটি মিশ্রণকে K_2SO_4 এ পরিবর্তিত করিয়া দেখা গেল, উৎপন্ন সালফেটের ওজন এবং মিশ্রণের মূল ওজনে কোন পার্থক্য নাই। মিশ্রণে KCl এবং KI-এর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। (K=39, I=127)

মনে করি, মিশ্রণটির ওজন 1 গ্রাম এবং উহাতে KCl-এর পরিমাণ x গ্রাম ; তাহা হইলে KI-এর পরিমাণ $(1-x)$ গ্রাম।

সমীকরণ হইতে দেখা যায়—

(i) $2KCl + H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2HCl$

$2(39+35·5)$ $2 \times 39 + 32 + 64$

(ii) $2KI + 2H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2H_2O + SO_2 + I_2$

$2(39+127)$ 174

তাহা হইলে, 149 গ্রাম KCl হইতে প্রাপ্ত K_2SO_4 এর পরিমাণ 174 গ্রাম

∴ x " " " " " " " $\frac{174x}{149}$ গ্রাম

আবার 332 " KI " " " " " 174 গ্রাম

∴ $(1-x)$ " " " " " " " $\frac{174}{332} \times (1-x)$ গ্রাম

প্রশ্নানুসারে, $\frac{174x}{149} + \frac{174}{332} \times (1-x) = 1$ (মূল ওজন)

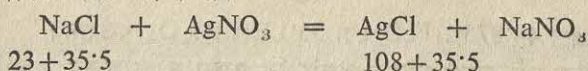
∴ $x = 0·7394$ গ্রাম = KCl-এর ওজন

∴ মিশ্রণে KCl-এর শতকরা পরিমাণ $0·7394 \times 100$ বা 73·94
তাহা হইলে মিশ্রণে KI-এর শতকরা পরিমাণ $100 - 73·94 = 26·06$
∴ মিশ্রণে 73·94%KCl এবং 26·06%KI বর্তমান।

(১৩) KCl এবং NaCl-এর 1·873 গ্রাম একটি মিশ্রণ হইতে 3·731 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড পাওয়া গেল। মিশ্রণটিতে কতটুকু সোডিয়াম ক্লোরাইড ছিল?
(K = 39, Ag = 108)

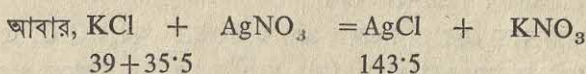
মনে করি, মিশ্রণে NaCl-এর পরিমাণ x গ্রাম
∴ " KCl " " $(1·873 - x)$ গ্রাম

সমীকরণ হইতে দেখা যায়—

$$\underset{23+35·5}{NaCl} + AgNO_3 = \underset{108+35·5}{AgCl} + NaNO_3$$

∴ 58·5 গ্রাম NaCl হইতে 143·5 গ্রাম AgCl পাওয়া যায়

∴ x " " " $\frac{143·5 \times x}{58·5}$ গ্রাম " " "

বা, $2·453x$ গ্রাম " " "

আবার, $$\underset{39+35·5}{KCl} + AgNO_3 = \underset{143·5}{AgCl} + KNO_3$$

∴ 74·5 গ্রাম KCl হইতে 143·5 গ্রাম AgCl পাওয়া যায়

∴ $(1·873 - x)$ গ্রাম KCl হইতে $\frac{143·5 \times (1·873 - x)}{74·5}$ গ্রাম

বা, $(3·61 - 1·926x)$ গ্রাম AgCl পাওয়া যায়।

এখন প্রশ্নানুসারে,

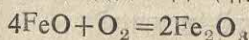
$$2·453x + 3·61 - 1·926x = 3·731$$

$x = 0·229$ গ্রাম ∴ মিশ্রণে NaCl-এর পরিমাণ 0·229 গ্রাম।

(১৪) FeO এবং Fe_3O_4-এর একটি মিশ্রণকে বায়ুতে উত্তপ্ত করা হইল। ওজন স্থির (constant) হওয়ার পর দেখা গেল মিশ্রণের শতকরা 5 ভাগ ওজন বৃদ্ধি পাইয়াছে। উত্তপ্ত করার পূর্বে মিশ্রণে FeO এবং Fe_3O_4-এর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। (Fe = 55·8)

মনে করি 100 গ্রাম উক্ত মিশ্রণে x গ্রাম FeO এবং $(100 - x)$ গ্রাম Fe_3O_4 আছে।

বায়ুতে উত্তপ্ত করা হইলে কেবলমাত্র FeO অংশই বায়ুর অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া Fe_2O_3 গঠন করে এবং এই অংশের ওজন বৃদ্ধি পায় কিন্তু Fe_3O_4 অংশের কোন রাসায়নিক পরিবর্তন হয় না এবং ইহার ওজন অপরিবর্তিত থাকে।

$$4FeO + O_2 = 2Fe_2O_3$$

উপরের সমীকরণ হইতে দেখা যায়, $4(55.8+16)$ গ্রাম FeO হইতে $2(2\times55.8+3\times16)$ গ্রাম Fe_2O_3 গঠিত হয়।

অর্থাৎ 4×71.8 গ্রাম FeO হইতে 2×159.6 গ্রাম Fe_2O_3 গঠিত হয়।

$\therefore$ x " " " " $\frac{2\times159.6\times x}{4\times71.8}$ গ্রাম Fe_2O_3 গঠিত হয়

সুতরাং 100 গ্রাম মিশ্রণ বায়ুতে স্থির ওজন পর্যন্ত উত্তপ্ত করার পর

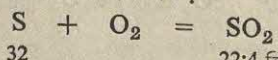
$$\frac{159x}{143.6}+(100-x)=105$$

$$\therefore\ 16x=5\times143.6 \text{ or, } x=\frac{5\times143.6}{16}=44.875 \text{ গ্রাম}$$

$\therefore$ উক্ত মিশ্রণে 44.875% FeO এবং 55.125% Fe_3O_4 বর্তমান।

(খ) রাসায়নিক সমীকরণ হইতে পদার্থের ওজন ও আয়তন সম্পর্কিত গণনা (Chemical calculations from equations involving weights and volumes) : সমীকরণে প্রকাশিত পদার্থ যদি গ্যাসীয় হয় তবে উহাদের আয়তন নির্ধারণ করা প্রয়োজন। এই প্রকার রাসায়নিক গণনায় বিক্রিয়ার নির্ভুল সমীকরণ লিখিয়া নিম্নলিখিত বিষয়গুলি মনে রাখিতে হয়।

(১) সমীকরণ দ্বারা ব্যক্ত ক্রিয়াগুলি প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় অর্থাৎ 0°C এবং 760 mm. চাপে ঘটে বলিয়া ধরা হয়। (২) গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন প্রমাণ অবস্থায় না থাকিলে, সংযুক্ত গ্যাস সমীকরণ $\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$ সাহায্যে উহার প্রমাণ অবস্থার আয়তন নির্ণয় করিতে হয়। (৩) প্রমাণ অবস্থায় এক গ্রাম-অণু গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন 22.4 লিটার। গ্যাসের প্রকৃত আয়তন লিটারে বা c.c.-তে প্রকাশ করাই রীতি। (৪) সমীকরণের সাহায্যে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী পদার্থের ওজন নির্ধারিত হয়। (৫) প্রমাণ অবস্থায় 1 লিটার হাইড্রোজেনের ওজন 0.089 বা 0.09 গ্রাম। (৬) প্রমাণ অবস্থায় 1 লিটার গ্যাসের ওজন = ইহার ঘনত্ব $\times$ 0.09 গ্রাম। (৭) বাষ্পীয় ঘনত্ব $\times$ 2 = আণবিক গুরুত্ব।

উদাহরণ : (১) প্রমাণ অবস্থায় 10 লিটার সালফার ডাই-অক্সাইড পাইতে কত গ্রাম সালফার পোড়ানো দরকার ?

$$\underset{32}{S} + O_2 = \underset{22.4 \text{ লিটার প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায়}}{SO_2}$$

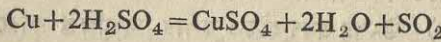
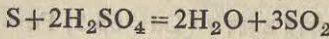
22.4 লিটার সালফার ডাই-অক্সাইড পাইতে 32 গ্রাম সালফার প্রয়োজন

$\therefore$ 10 " " " " $\frac{32\times10}{22.4}$ গ্রাম " "

বা 14.286 গ্রাম।

(২) 10 গ্রাম কপার এবং 10 গ্রাম সালফার পৃথক্‌ভাবে অতিরিক্ত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করা হইল।

উৎপন্ন সালফার ডাই-অক্সাইডের আয়তনের অনুপাত কি হইবে? [Cu=63, S=32]

$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + 2H_2O + SO_2$$
63 22·4 লিটার

$$S + 2H_2SO_4 = 2H_2O + 3SO_2$$
32 $3 \times 22·4$ লিটার = 67·2 লিটার

প্রমাণ অবস্থায়,

63 গ্রাম কপার হইতে উৎপন্ন সালফার ডাই-অক্সাইডের আয়তন 22·4 লিটার

∴ 10 " " " " " " " $\frac{22·4 \times 10}{63}$ লিটার

আবার, 32 গ্রাম সালফার হইতে উৎপন্ন সালফার ডাই-অক্সাইডের আয়তন 67·2 লি.

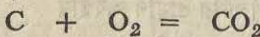
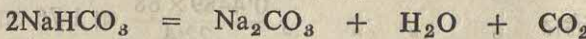
∴ 10 " " " " " " $\frac{67·2 \times 10}{32}$ লি

$$\therefore \frac{\text{কপার হইতে উৎপন্ন } SO_2\text{-এর আয়তন}}{\text{সালফার হইতে উৎপন্ন } SO_2\text{-এর আয়তন}} = \frac{\frac{22·4 \times 10}{63}}{\frac{67·2 \times 10}{32}} = \frac{32}{189}$$

∴ উৎপন্ন SO_2-এর আয়তন অনুপাত 32 : 189

(৩) কার্বন পুড়াইয়া অথবা সোডিয়াম বাই-কার্বনেট উত্তপ্ত করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করা যায়। 33·6 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করিতে উক্ত পদার্থদ্বয়ের কোন্‌টি কতখানি প্রয়োজন হইবে?

বিক্রিয়া দুইটি নিম্নরূপ—

$$C + O_2 = CO_2$$
12 22·4 লিটার

$$2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$$
$2(23+1+12+3\times16)$ 22·4 লিটার

অর্থাৎ 22·4 লিটার CO_2 প্রস্তুত করিতে 12 গ্রাম কার্বন প্রয়োজন

33·6 " " " " $\frac{12 \times 33·6}{22·4}$ " "

বা 18 গ্রাম কার্বন প্রয়োজন

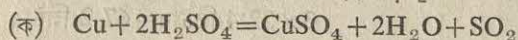
আবার, 22·4 লিটার CO_2 প্রস্তুত করিতে 168 গ্রাম সোডিয়াম বাই-কার্বনেট প্রয়োজন

∴ 33·6 " " " " $\frac{168 \times 33·6}{22·4}$ গ্রাম সোডিয়াম বাই কার্বনেট

বা, 252 গ্রাম সোডিয়াম বাই-কার্বনেট প্রয়োজন

পরবর্তী কয়েকটি উদাহরণে সংযুক্ত গ্যাস সমীকরণের সাহায্য প্রয়োজন।

(৪) (ক) 27°C তাপমাত্রায় ও 750 মি. লি. চাপে 500 c.c. সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করিতে কি পরিমাণ কপার ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত ফুটাইতে হইবে ? (খ) উৎপন্ন দ্রবণ হইতে কপার অধঃক্ষিপ্ত করিতে প্রমাণ অবস্থায় কি আয়তনের হাইড্রোজেন সালফাইড প্রয়োজন ? (গ) উক্ত পরিমাণ H_2S পাইতে কি পরিমাণ ফেরাস সালফাইড দরকার হইবে ? [Cu=63·5, Fe=56]

(ক) $Cu+2H_2SO_4=CuSO_4+2H_2O+SO_2$

63 5 22·4 লিটার প্রমাণ অবস্থায়

500 cc. সালফার ডাই-অক্সাইডের প্রমাণ অবস্থায় আয়তন V_1 লিটার হইলে

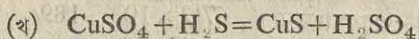
$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$ অথবা, $\frac{760\times V_1}{273}=\frac{750\times 500}{273+27}$

বা, $V_1=449$ cc. অথবা 0·409 লিটার।

আবার 22·4 লিটার SO_2 প্রস্তুতিতে প্রয়োজনীয় কপারের পরিমাণ 63·5 গ্রাম

∴ 0·449 " " " " " " $\frac{63\cdot5\times0\cdot449}{22\cdot4}$

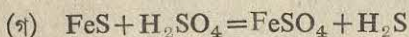
=1·2728 গ্রাম কপার।

(খ) $CuSO_4+H_2S=CuS+H_2SO_4$

63·5 22·4 লিটার প্রমাণ অবস্থায়

63·5 গ্রাম কপার অধঃক্ষিপ্ত করিতে প্রমাণ অবস্থায় 22·4 লিটার H_2S লাগে

∴ 1·2728 " " " " $\frac{22\cdot4\times1\cdot2728}{63\cdot5}$

=0·4489 লিটার H_2S লাগে।

(গ) $FeS+H_2SO_4=FeSO_4+H_2S$

88 22·4 লিটার প্রমাণ অবস্থায়

22·4 লিটার H_2S প্রস্তুত করিতে FeS প্রয়োজন 88 গ্রাম

∴ 0·4489 লিটার " " " " $\frac{0\cdot4489\times88}{22\cdot4}$ বা 1·76 গ্রাম

∴ প্রয়োজনীয় FeS-এর পরিমাণ=1·76 গ্রাম

(৫) 3040 c.c. একটি গ্যাস মিশ্রণে 27°C তাপমাত্রা এবং 750mm. চাপে মিথেন 20%, কার্বন মনোক্সাইড 60% এবং হাইড্রোজেন 20% আছে। এই গ্যাস মিশ্রণ সম্পূর্ণ জারণের জন্য যে অক্সিজেনের প্রয়োজন তাহা উৎপাদন করিতে কতখানি $KClO_3$ লাগিবে ?

গ্যাস মিশ্রণের প্রমাণ অবস্থায় আয়তন যদি V_1c.c. হয়, তাহা হইলে

$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$ বা $\frac{760\times V_1}{273}=\frac{750\times3040}{300}$

বা $V_1=\frac{3040\times750\times273}{300\times760}=2730$ c.c.

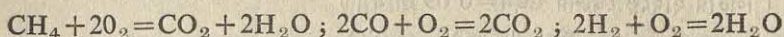
প্রশ্নানুসারে, মিশ্রণের 100 c.c. আয়তনে মিথেন আছে 20 c.c.

$\therefore$ 2730 „ „ „ „ $\frac{20 \times 2730}{100}$ বা 546 c.c.

100 c.c. আয়তনে কার্বন মনোক্সাইড আছে 60 c.c.

$\therefore$ 2730 c.c. „ „ „ „ $\frac{60 \times 2730}{100}$ বা 1638 c.c.

এবং হাইড্রোজেনের পরিমাণ $= \frac{20 \times 2730}{100} = 546$ c.c.

$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$; $2CO + O_2 = 2CO_2$; $2H_2 + O_2 = 2H_2O$

1 ঘনায়তন 2 ঘনায়তন 2 ঘনায়তন 1 ঘনায়তন 2 ঘনায়তন 1 ঘনায়তন

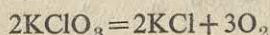
সমীকরণ হইতে দেখা যায়,

546 c.c. মিথেনের জন্য প্রয়োজনীয় অক্সিজেনের আয়তন = 1092 c.c.

1638 „ কার্বন মনোক্সাইডের জন্য „ „ „ = 819 c.c.

546 „ হাইড্রোজেনের „ „ „ = 273 c.c.

$\therefore$ প্রমাণ অবস্থায় প্রয়োজনীয় অক্সিজেনের মোট আয়তন = 2184 c.c. বা 2·184 লিটার।

$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$

245 $3 \times 22·4$ লিটার = 67·2 লিটার প্রমাণ অবস্থায়

$\therefore$ 67·2 লিটার অক্সিজেন প্রস্তুতিতে প্রয়োজনীয় $KClO_3$-এর পরিমাণ 245 গ্রাম

$\therefore$ 2·184 „ „ „ „ „ „ „

$= \frac{245 \times 2·184}{67·2}$ গ্রাম = 7·96 গ্রাম $KClO_3$

(৬) বাতাসে আয়তন হিসাবে অক্সিজেন 21% আছে। 1000 গ্রাম সালফার (যাহাতে 4% অদাহ্য পদার্থ আছে) পুড়াইতে কি পরিমাণ বাতাসের প্রয়োজন হইবে ?

100 গ্রাম সালফারে 4 গ্রাম অদাহ্য পদার্থ আছে।

$\therefore$ 1000 গ্রাম „ $\frac{4 \times 1000}{100}$ বা 40 গ্রাম অদাহ্য পদার্থ আছে।

$\therefore$ (1000—40) = 960 গ্রাম সালফারের দহন হইবে।

সালফারের বায়ুতে দহনের ফলে SO_2 উৎপন্ন হয়। $S + O_2 = SO_2$

32 32

$\therefore$ 32 গ্রাম সালফার যুক্ত হয় 32 গ্রাম O_2-এর সহিত।

$\therefore$ 960 গ্রাম „ „ „ 960 গ্রাম O_2-এর সহিত।

32 „ O_2 প্রমাণ অবস্থায় 22·4 লিটার স্থান অধিকার করে।

$\therefore$ 960 „ O_2 „ „ $\frac{22·4 \times 960}{32}$ লিটার „ „

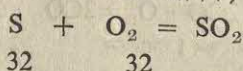
= 672 লিটার

21 লিটার O_2 থাকে 100 লিটার বায়ুতে

$\therefore$ 672 „ O_2 থাকে $\frac{100 \times 672}{21}$ বা 3200 লিটার বায়ুতে।

$\therefore$ 3200 লিটার বায়ুর প্রয়োজন হইবে।

(৭) বাতাসে ওজন হিসাবে অক্সিজেনের পরিমাণ 23%। প্রমাণ অবস্থায় কত লিটার বাতাসের সাহায্যে 46 গ্রাম সালফারকে সম্পূর্ণভাবে পুড়াইয়া সালফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত করা যাইবে? (বাতাসের ঘনত্ব=14·4, প্রমাণ অবস্থায় 1 লিটার হাইড্রোজেনের ওজন=0·09 গ্রাম।)

$$S + O_2 = SO_2$$
$$32 \quad 32$$

32 গ্রাম সালফার পুড়াইতে 32 গ্রাম অক্সিজেন প্রয়োজন।

$\therefore$ 46 „ „ „ 46 „ „ „

কিন্তু প্রশ্নানুসারে 23 গ্রাম অক্সিজেন আছে 100 গ্রাম বাতাসে।

$\therefore$ 46 „ „ „ $\frac{46 \times 100}{23}$ „ „

$= 200$ „ „

বাতাসের ঘনত্ব $= 14 \cdot 4$ এবং

প্রমাণ অবস্থায় 1 লিটার হাইড্রোজেনের ওজন = ·09 গ্রাম।

$\therefore$ প্রমাণ অবস্থায় 1 লিটার বাতাসের ওজন $= 14 \cdot 4 \times 0 \cdot 9 = 1 \cdot 296$ গ্রাম, অর্থাৎ প্রমাণ অবস্থায় 1·296 গ্রাম বাতাসের আয়তন = 1 লিটার

$\therefore$ 200 „ „ „ $\frac{200}{1 \cdot 296}$ লিটার

বা, 154·32 লিটার

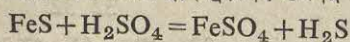
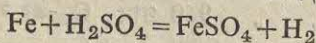
(৮) আয়রন সালফাইডের একটি নমুনায় লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিলে যে হাইড্রোজেন সালফাইড পাওয়া যায় তাহাতে অশুদ্ধি হিসাবে 9% (আয়তন হিসাবে) হাইড্রোজেন থাকে। উক্ত নমুনায় লৌহের শতকরা মাত্রা কত?

[Fe=56, S=32]

প্রশ্ন হইতে ইহা স্পষ্ট যে, FeS-এর সহিত আয়রন অশুদ্ধি হিসাবে আছে বলিয়া উহা অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিয়াছে।

$$FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S$$

88 — 22·4 লিটার প্রমাণ অবস্থায়

$$Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2$$

56 — 22·4 লিটার প্রমাণ অবস্থায়

H_2-এর আয়তন 22·4 লিটারকে 9% ধরিলে, অবশিষ্ট 91%

H_2S-এর আয়তন $\frac{22 \cdot 4 \times 91}{9}$ লিটার

কিন্তু 22·4 লিটার H_2S পাওয়া যায় 88 গ্রাম FeS হইতে

$\therefore \frac{22 \cdot 4 \times 91}{9}$ " " " " $\frac{88 \times 22 \cdot 4 \times 91}{22 \cdot 4 \times 9}$ গ্রাম FeS হইতে

$= 889 \cdot 78$ গ্রাম FeS হইতে।

সুতরাং মিশ্রণের মোট ওজন $= 889 \cdot 78 + 56 = 945 \cdot 78$ গ্রাম

945·78 গ্রামে Fe আছে 56 গ্রাম

$\therefore$ 100 " " " $\frac{56 \times 100}{945 \cdot 78}$ বা 5·92 গ্রাম।

$\therefore$ আয়রনের শতকরা মাত্রা 5·92%

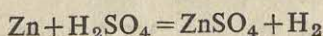
(৯) একটি লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে ওজনের অনুপাতে 65% অ্যাসিড আছে এবং ইহার ঘনত্ব 1·55। এই অ্যাসিডের এক লিটার যদি 750 gm. জিঙ্কের সহিত মিশানো হয়, তবে 27°C তাপাঙ্কে এবং 750 m.m. চাপে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন কত ? (Zn = 65)

এক লিটার অ্যাসিডের ওজন $= 1000 \times 1 \cdot 55 = 1550$ গ্রাম।

এই অ্যাসিডে শতকরা 65 ভাগ H_2SO_4 আছে।

অর্থাৎ 100 গ্রাম অ্যাসিডে H_2SO_4 আছে 65 গ্রাম

$\therefore$ 1550 " " " " $\frac{65 \times 1550}{100} = 1007 \cdot 5$ গ্রাম

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

65 98 22·4 লিটার

অর্থাৎ 98 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিডের জন্য 65 গ্রাম জিঙ্ক প্রয়োজন

$\therefore$ 1007·5 " " " " $\frac{65 \times 1007 \cdot 5}{98}$ গ্রাম জিঙ্ক প্রয়োজন

বা 668·24 গ্রাম।

কিন্তু উহাতে 750 গ্রাম জিঙ্ক আছে। $\therefore$ এই বিক্রিয়াতে সমস্ত সালফিউরিক অ্যাসিড সালফেটে পরিণত হইয়া যাইবে।

আমরা জানি, প্রমাণ অবস্থায়

98 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে 22·4 লিটার হাইড্রোজেন পাওয়া যায়

$\therefore$ 1007·5 গ্রাম " " " $\frac{22 \cdot 4 \times 1007 \cdot 5}{98}$ লিটার

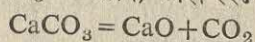
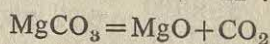
বা 230·3 লিটার।

এই হাইড্রোজেনের আয়তন 27°C এবং 750 মি· মি· চাপে যদি V_2 হয়,

তাহা হইলে $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$ অনুসারে $\frac{V_2 \times 750}{273 + 27} = \frac{230 \cdot 3 \times 760}{273}$

$\therefore V_2 = \frac{230 \cdot 3 \times 760 \times 300}{273 \times 750}$ লিটার বা $V_2 = 256 \cdot 4$ লিটার।

(১০) 1 গ্রাম $CaCO_3$ এবং $MgCO_3$-এর একটি মিশ্রণকে উত্তপ্ত করিলে 760 মি. মি. চাপে 0°C তাপমাত্রায় 240 c.c. কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। মিশ্রণের উপাদানগুলির পরিমাণ নির্ণয় কর।

মনে করি, মিশ্রণে $CaCO_3 = x$ গ্রাম, তাহা হইলে $MgCO_3 = (1-x)$ গ্রাম

$CaCO_3 = CaO + CO_2$
100   22·4 লিটার প্রমাণ অবস্থায়

$MgCO_3 = MgO + CO_2$
84   22·4 লিটার প্রমাণ অবস্থায়

প্রমাণ অবস্থায়

100 গ্রাম $CaCO_3$ হইতে উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন 22·4 লিটার

$\therefore$ x " " " " " " " $\frac{22\cdot4\times x}{100}$ "

আবার,

84 গ্রাম $MgCO_3$ হইতে উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন 22·4 লিটার

$\therefore (1-x)$ " " " " " " " $\frac{22\cdot4\times(1-x)}{84}$ লিটার

$\therefore$ প্রশ্নানুসারে $\frac{22\cdot4x}{100} + \frac{22\cdot4(1-x)}{84} = 240$ c.c. $= 0\cdot24$ লিটার

বা $\frac{5\cdot6x}{25} + \frac{5\cdot6(1-x)}{21} = 0\cdot24$ বা $\frac{117\cdot6x + 140 - 140x}{525} = 0\cdot24$

বা $-22\cdot4x = 126 - 140 = -14$ $\therefore$ $x = 0\cdot625$

$\therefore$ মিশ্রণে $CaCO_3$-এর পরিমাণ 0·625 গ্রাম বা $CaCO_3$-এর শতকরা মাত্রা 62·5% এবং $MgCO_3$-এর পরিমাণ (1 − 0·625) বা 0·375 গ্রাম। $\therefore$ $MgCO_3$-এর শতকরা মাত্রা 37·5%।

(গ) রাসায়নিক সমীকরণ হইতে বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন-সম্পর্কিত গণনা (Chemical calculations from equations involving Volume and Volume) ঃ

গ্যাসমিতি (Eudiometry) ঃ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন-সম্পর্কিত গণনাকেই সাধারণতঃ ইউডিওমেট্রি বা গ্যাসমিতি বলা হয়।

গে লুসাকের সূত্র হইতে দেখা যায়, নির্দিষ্ট চাপ ও উষ্ণতায় দুই বা ততোধিক গ্যাসীয় পদার্থের রাসায়নিক বিক্রিয়াকালে উহাদের আয়তনগুলি সরল অনুপাতে থাকে এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলি যদি গ্যাসীয় হয়, তবে উহাদের আয়তন ও বিক্রিয়ক গ্যাসের আয়তন অতি সরল অনুপাতে থাকে।

আবার, অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পমতে, নির্দিষ্ট চাপ ও উষ্ণতায় এক গ্রাম-অণু গ্যাসীয়

পদার্থের আয়তন একই হয়। সমীকরণের সাহায্যে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী পদার্থের অণুসংখ্যা জানিয়া লইয়া উহাদের কত গ্রাম-অণু বিক্রিয়া করে তাহা জানা সম্ভব এবং একই সঙ্গে উহাদের আয়তনের পরিমাণও জানা যায়। যেমন—

H_2	+	Cl_2	=	2HCl
2		$2\times35{\cdot}5$		$2\times36{\cdot}5$
1 গ্রাম-অণু বা 2 গ্রাম		1 গ্রাম-অণু বা 71 গ্রাম		2 গ্রাম-অণু বা 73 গ্রাম
22·4 লিটার		22·4 লিটার		2×22·4 লিটার
(প্রমাণ অবস্থায়)		(প্রমাণ অবস্থায়)		(প্রমাণ অবস্থায়)
1 আয়তন		1 আয়তন		2 আয়তন

উপরোক্ত সমীকরণ হইতে দেখা যায়—

1টি হাইড্রোজেন অণু + 1টি ক্লোরিন অণু = 2 অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড
অর্থাৎ 1 গ্রাম-অণু হাইড্রোজেন + 1 গ্রাম-অণু ক্লোরিন = 2 গ্রাম-অণু " "
∴ 1 ঘনায়তন হাইড্রোজেন + 1ঘনায়তন ক্লোরিন = 2 ঘনায়তন " "
∴ 50 c.c. হাইড্রোজেন + 50 c.c. ক্লোরিন = 100 c.c. " "

সুতরাং ইহা স্পষ্ট যে কোন বিক্রিয়াতে গ্যাসীয় পদার্থগুলির অণুর অনুপাত ও উহার আয়তনের অনুপাত অভিন্ন। $H_2 + Cl_2 = 2HCl$

	হাইড্রোজেন	:	ক্লোরিন	:	হাইড্রোজেন ক্লোরাইড
অণুর অনুপাতে	1	:	1	:	2
আয়তন অনুপাতে	1	:	1	:	2

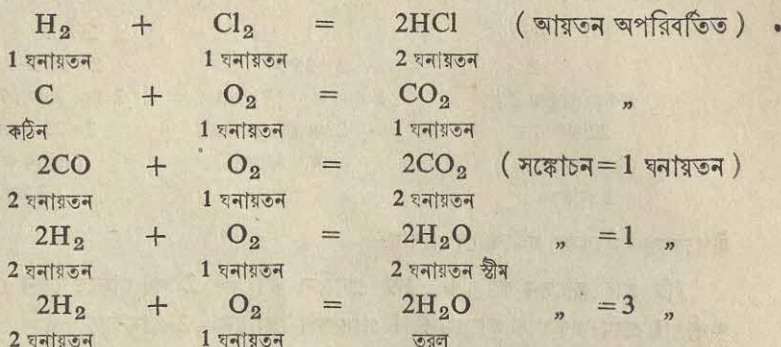
একইভাবে দেখানো যায়, $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$

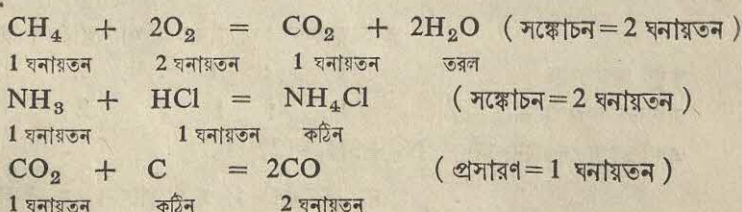
	নাইট্রোজেন	:	হাইড্রোজেন	:	অ্যামোনিয়া
অণুর অনুপাতে	1		3		2
আয়তন অনুপাতে	1		3		2

∴ নির্দিষ্ট পরিমাণ বিক্রিয়ক গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন হইতে কত আয়তন পরিমাণ গ্যাসীয় পদার্থ উৎপন্ন হইবে বা উৎপন্ন গ্যাসীয় পদার্থের নির্দিষ্ট পরিমাণ আয়তন হইতে কত আয়তন বিক্রিয়ক পদার্থ প্রয়োজন হয় তাহা সমীকরণ হইতে জানা সম্ভব। এই সব গণনাকালে বিক্রিয়ার সঠিক সমীকরণ লিখিয়া নিম্নলিখিত বিষয়গুলি মনে রাখিতে হয়।

(১) প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় এক-অণু গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন 22 4 লিটার। (২) বিক্রিয়ায় গ্যাসীয় পদার্থসমূহের মধ্যে তুলনাকালে গ্যাসীয় পদার্থের এক গ্রাম-অণু 1 আয়তন দখল করে বলিয়া ধরা হয়। অন্য সময় প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 1 গ্রাম-অণু গ্যাসের প্রকৃত আয়তন 22·4 লিটার ধরিতে হয়। (৩) গ্যাসীয় পদার্থের বিক্রিয়ায় উদ্ভূত তরল বা কঠিন পদার্থের আয়তন নগণ্য ধরা হয়।

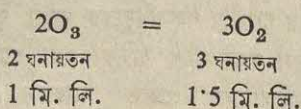
নিম্নে কতকগুলি গ্যাসীয় পদার্থের বিক্রিয়ার সমীকরণ দেওয়া হইল। বিক্রিয়ায় কত আয়তন সঙ্কোচন বা সম্প্রসারণ হয় অথবা বিক্রিয়ায় আয়তন অপরিবর্তিত থাকে তাহা দেখানো হইল।

H_2	+	Cl_2	=	$2HCl$	(আয়তন অপরিবর্তিত)
1 ঘনায়তন		1 ঘনায়তন		2 ঘনায়তন	
C	+	O_2	=	CO_2	„
কঠিন		1 ঘনায়তন		1 ঘনায়তন	
$2CO$	+	O_2	=	$2CO_2$	(সঙ্কোচন = 1 ঘনায়তন)
2 ঘনায়তন		1 ঘনায়তন		2 ঘনায়তন	
$2H_2$	+	O_2	=	$2H_2O$	„ = 1 „
2 ঘনায়তন		1 ঘনায়তন		2 ঘনায়তন স্টীম	
$2H_2$	+	O_2	=	$2H_2O$	„ = 3 „
2 ঘনায়তন		1 ঘনায়তন		তরল	

হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের বিক্রিয়ায় স্টীম উৎপন্ন হয়, কিন্তু উহা ঠাণ্ডা হইয়া জলে পরিণত হইলে জলের আয়তন নগণ্য হইবে এবং সেই ক্ষেত্রে 3 আয়তন সঙ্কোচনের 1 আয়তন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী অক্সিজেনের আয়তন এবং 2 আয়তন হাইড্রোজেনের আয়তন নির্দেশ করে।

CH_4	+	$2O_2$	=	CO_2	+	$2H_2O$		(সঙ্কোচন = 2 ঘনায়তন)
1 ঘনায়তন		2 ঘনায়তন		1 ঘনায়তন		তরল		
NH_3	+	HCl	=	NH_4Cl				(সঙ্কোচন = 2 ঘনায়তন)
1 ঘনায়তন		1 ঘনায়তন		কঠিন				
CO_2	+	C	=	$2CO$				(প্রসারণ = 1 ঘনায়তন)
1 ঘনায়তন		কঠিন		2 ঘনায়তন				

উদাহরণ ঃ

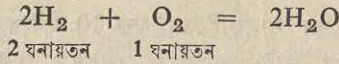
(১) 100 মি. লি. ওজোনিত অক্সিজেনে তার্পিন তেল যোগ করিলে আয়তন 70 মি. লি. হইয়া যায়। এই নমুনার ওজোনিত অক্সিজেনের 100 মি. লি. উত্তপ্ত করিয়া ওজোনকে সম্পূর্ণ বিযোজিত করিবার পর উহা পূর্বের তাপমাত্রায় শীতল করা হয়। গ্যাসটির আয়তন কত?

আমরা জানি, তার্পিন তেলে ওজোন শোষিত হয়। তাহা হইলে 100 মি. লি. ওজোনিত অক্সিজেনে ওজোনের পরিমাণ 30 মি. লি. এবং অক্সিজেনের পরিমাণ 70 মি. লি.

$2O_3$	=	$3O_2$
2 ঘনায়তন		3 ঘনায়তন
1 মি. লি.		1·5 মি. লি.

∴ 30 মি. লি. ওজোন বিযোজিত হইয়া 45 মি.লি. অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

∴ পরে গ্যাসের আয়তন $70+45=115$ মি. লি.

(২) প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 20 c.c. অক্সিজেন এবং 100 c.c. হাইড্রোজেনের একটি মিশ্রণে বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ পাঠাইয়া বিক্রিয়ার পর ঠাণ্ডা করিলে কি আয়তনের গ্যাস অবশিষ্ট থাকিবে ?

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$

2 ঘনায়তন   1 ঘনায়তন

∴ 2 c.c. হাইড্রোজেন 1 c.c. অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয়

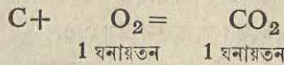
∴ 40 c.c. " 20 c.c. " " " "

(সাধারণ তাপমাত্রায় জলের আয়তন নগণ্য)

∴ অপরিবর্তিত হাইড্রোজেনের আয়তন বা অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন

$$= 100 - 40 \text{ c.c.} = 60 \text{ c.c.}$$

(৩) বাতাসে অক্সিজেন আয়তন হিসাবে শতকরা 20 ভাগ আছে। 10 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপাদন করিতে কি পরিমাণ বাতাসের প্রয়োজন ?

$$C + O_2 = CO_2$$

1 ঘনায়তন   1 ঘনায়তন

অর্থাৎ 1 ঘনায়তন CO_2 প্রস্তুত করিতে 1 ঘনায়তন অক্সিজেন প্রয়োজন

∴ 10 লিটার " " " 10 লিটার " "

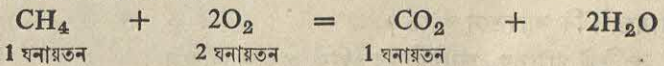
কিন্তু প্রশ্নানুসারে, 20 লিটার অক্সিজেন 100 লিটার বাতাস হইতে পাওয়া যায়

∴ 10 " " $\frac{100 \times 10}{20}$ " " " "

=50 লিটার বাতাস।

(৪) 50 c.c. মিথেনকে 90 c.c. অক্সিজেনের সহিত মিশাইয়া বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গ দ্বারা বিক্রিয়া ঘটাইলে উৎপন্ন গ্যাস মিশ্রণে উপাদানগুলি কি আয়তনে আছে ? চাপ ও উষ্ণতা অপরিবর্তিত রাখা হইবে।

$$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$$

1 ঘনায়তন   2 ঘনায়তন   1 ঘনায়তন

1 ঘনায়তন CH_4-এর জন্য 2 ঘনায়তন অক্সিজেন প্রয়োজন এবং ইহাতে 1 ঘনায়তন CO_2 উৎপন্ন হয়।

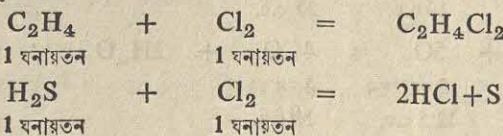
∴ 45 c.c. মিথেন 90 c.c. অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া 45 c.c. কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করিবে। ∴ অপরিবর্তিত মিথেনের আয়তন 50 − 45 = 5 c.c. এবং উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন 45 c.c.

(৫) প্রমাণ অবস্থায় (ক) 10 লিটার ইথিলীনের সহিত যুক্ত হইতে এবং (খ) 10 লিটার হাইড্রোজেন সালফাইডকে বিযোজিত করিতে কত লিটার ক্লোরিন প্রয়োজন ?

$$C_2H_4 + Cl_2 = C_2H_4Cl_2$$

1 ঘনায়তন   1 ঘনায়তন

$$H_2S + Cl_2 = 2HCl + S$$

1 ঘনায়তন   1 ঘনায়তন

পূর্ব পৃষ্ঠার সমীকরণ হইতে দেখা যায়, ইথিলীন এবং হাইড্রোজেন সালফাইড সমায়তনের ক্লোরিনের সহিত ক্রিয়া করে।

∴ 10 লিটার ইথিলীনের জন্য 10 লিটার ক্লোরিন এবং

10 " হাইড্রোজেন সালফাইডের জন্য 10 লিটার ক্লোরিনের প্রয়োজন।

(৬) 750 cc. কার্বন ডাই-অক্সাইডকে লোহিত তপ্ত কোকের উপর দিয়া প্রবাহিত করার পর উহার আয়তন 1050 c.c. হয়। বিক্রিয়া শেষে গ্যাস মিশ্রণের উপাদানগুলি কি আয়তনে থাকিবে ?

$$CO_2 + C = 2CO$$

1 ঘনায়তন 2 ঘনায়তন

এখানে দেখা যাইতেছে, কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন লোহিত তপ্ত কোকের উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে দ্বিগুণ হয়।

মনে করি x c.c. কার্বন ডাই-অক্সাইড কার্বন দ্বারা বিজারিত হইয়াছে। তাহা হইলে উৎপন্ন কার্বন মনোক্সাইডের আয়তন $2x$ c.c.

∴ অপরিবর্তিত কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন $= (750 - x)$ c.c.

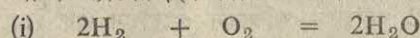
∴ $(750 - x) + 2x = 1050$ ∴ $x = 300$ c.c.,

তাহা হইলে উৎপন্ন কার্বন মনোক্সাইডের আয়তন $= 2x = 600$ c.c.

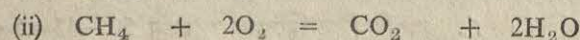
বিক্রিয়া শেষে গ্যাস মিশ্রণে আছে কার্বন ডাই-অক্সাইড $750 - 300 = 450$ c.c. এবং কার্বন মনোক্সাইড 600 c.c.

(৭) কোল গ্যাসের একটি নমুনায় $H_2 - 45\%$, $CH_4 - 30\%$, $CO - 20\%$ এবং $C_2H_2 - 5\%$ আছে। এই নমুনার 100 c.c. গ্যাসকে 160 c.c. অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ দ্বারা জারিত করা হইল। বিক্রিয়া শেষে পূর্বের তাপমাত্রায় আনিবার পর গ্যাস মিশ্রণের আয়তন কত হইবে এবং ইহাতে উপাদান গ্যাসগুলি কি আয়তনে আছে ?

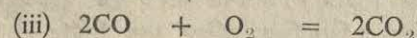
প্রতিটি গ্যাসের দহন সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করিলে

(i) $2H_2 + O_2 = 2H_2O$

2 ঘনায়তন 1 ঘনায়তন

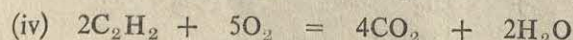
45 c.c. 22·5 c.c.

(ii) $CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$

1 ঘনায়তন 2 ঘনায়তন 1 ঘনায়তন

30 c.c. 60 c.c. 30 c.c.

(iii) $2CO + O_2 = 2CO_2$

2 ঘনায়তন 1 ঘনায়তন 2 ঘনায়তন

20 c.c. 10 c.c. 20 c.c.

(iv) $2C_2H_2 + 5O_2 = 4CO_2 + 2H_2O$

2 ঘনায়তন 5 ঘনায়তন 4 ঘনায়তন

5 c.c. 12·5 c.c, 10 c.c.

সাধারণ তাপমাত্রায় জলের আয়তন নগণ্য। অতএব বিক্রিয়া শেষে গ্যাস মিশ্রণে CO_2 এবং অপরিবর্তিত O_2 থাকিবে।

	গ্যাসের আয়তন		ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন	কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন
(i)	হাইড্রোজেন :	45 c.c.	22·5 c.c.	—
(ii)	মিথেন :	30 c.c.	60 c.c.	30 c.c.
(iii)	কার্বন মনোক্সাইড :	20 c.c.	10 c.c.	20 c.c.
(iv)	অ্যাসিটিন :	5 c.c.	12·5 c.c.	10 c.c.
		মোট	105·0 c.c.	মোট 60 c.c.

∴ অপরিবর্তিত অক্সিজেনের আয়তন $160-105=55$ c.c.

কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন $=60$ c.c.

বিক্রিয়াশেষে গ্যাস মিশ্রণের আয়তন $55+60=115$ c.c.

(৮) কার্বন মনোক্সাইড, মিথেন এবং ইথেনের একটি 10 c.c. মিশ্রণকে 40 c.c. অক্সিজেন সহ বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ দ্বারা জারিত করা হইলে 12 c.c. কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হইল এবং 23 c.c. অক্সিজেন অবশিষ্ট রহিল। গ্যাস মিশ্রণে উপাদানগুলির পরিমাণ নির্ণয় কর।

মনে করি, মিশ্রণে আয়তন হিসাবে, কার্বন মনোক্সাইড $(CO)=x$ c.c., মিথেন $(CH_4)=y$ c.c. এবং ইথেন $(C_2H_6)=z$ c.c. আছে।

∴ $x+y+z=10$ c.c.

জানা আছে,
$$\underset{2\text{ ঘনায়তন}}{2CO} + \underset{1\text{ ঘনায়তন}}{O_2} = \underset{2\text{ ঘনায়তন}}{2CO_2}$$
$$\underset{1\text{ ঘনায়তন}}{CH_4} + \underset{2\text{ ঘনায়তন}}{2O_2} = \underset{1\text{ ঘনায়তন}}{CO_2} + 2H_2O$$
$$\underset{2\text{ ঘনায়তন}}{2C_2H_6} + \underset{7\text{ ঘনায়তন}}{7O_2} = \underset{4\text{ ঘনায়তন}}{4CO_2} + 6H_2O$$

∴ CO_2 উৎপন্ন করিতে

	প্রয়োজনীয় অক্সিজেন	উৎপন্ন CO_2
x cc. কার্বন মনোক্সাইডের জন্য	$x/_2$ cc.	x cc.
y cc. মিথেনের জন্য	$2y$ cc.	y cc.
z cc. C_2H_6 ইথেনের জন্য	$(7/_2)z$ cc.	$2z$ cc.

∴ $x+y+z=10$

$\frac{x}{2}+2y+\frac{7}{2}z=40-23=17$

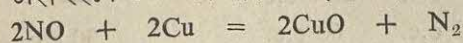
$x+y+2z=12$

সমাধান করিলে পাওয়া যায়, $x=4$ c.c $y=4$ cc. $z=2$ cc.

(৯) নাইট্রিক অক্সাইড ও নাইট্রোজেনের 50 cc. মিশ্রণকে উত্তপ্ত কপারের উপর দিয়া প্রবাহিত করিয়া গ্যাসীয় পদার্থ সংগ্রহ করিলে দেখা যায় উহার আয়তন 40 cc. হইয়াছে। মিশ্রণে গ্যাসগুলির শতকরা অনুপাত নির্ণয় কর।

N_2+NO-এর মোট আয়তন $=50$ cc. মনে করি N_2-এর আয়তন $=x$ cc.

তাহা হইলে NO-এর আয়তন $=(50-x)$ cc.।

$$2NO + 2Cu = 2CuO + N_2$$

2 ঘনায়তন   1 ঘনায়তন

∴ 2 ঘনায়তন NO হইতে 1 ঘনায়তন N_2 উৎপন্ন হয়।

∴ $(50-x)$ cc. NO " $\frac{50-x}{2}$ cc. নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয়।

∴ $x+\frac{50-x}{2}=40$

∴ $x=30$ cc. বা নাইট্রোজেনের আয়তন এবং

$50-30=20$ cc. নাইট্রিক অক্সাইডের আয়তন,

তাহা হইলে নাইট্রোজেনের শতকরা মাত্রা $\frac{30\times100}{50}=60\%$

এবং নাইট্রিক অক্সাইডের শতকরা মাত্র $\frac{20\times100}{50}=40\%$

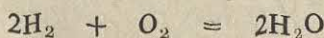
(১০) প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 29 cc. একটি গ্যাস মিশ্রণে CO_2, H_2, N_2 এবং O_2 আছে। মিশ্রণটিতে KOH দেওয়াতে আয়তন 21 cc-তে পরিবর্তিত হইল। অবশিষ্ট গ্যাস মিশ্রণে বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ পাঠাইলে আয়তন আরও 15 cc. হ্রাস পায়। অবশিষ্ট গ্যাসকে ক্ষারীয় পটাসিয়াম পাইরোগ্যালেট দ্রবণে ঝাঁকাইলে আয়তন অপরিবর্তিত থাকে এবং ইহাতে দাহ্য কোন গ্যাস থাকে না। প্রারম্ভিক গ্যাস মিশ্রণের উপাদানগুলির শতকরা হিসাবে আয়তন নির্ণয় কর।

CO_2, H_2, N_2 এবং O_2 গ্যাস মিশ্রণে KOH দিলে CO_2 শোষিত হয়।

∴ কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন $=(29-21)$ cc. $=8$cc

∴ কার্বন ডাই-অক্সাইডের শতকরা হিসাবে আয়তন $=\frac{8\times100}{29}=27{\cdot}58\%$

বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ পাঠানোর পর গ্যাসে ক্ষারীয় পটাসিয়াম পাইরোগ্যালেট দিলে আয়তন অপরিবর্তিত থাকে অর্থাৎ দহনে সমস্ত অক্সিজেন ব্যয়িত হইয়া যায়। প্রশ্নানুসারে ইহাতে অপরিবর্তিত হাইড্রোজেন থাকিবে না। অর্থাৎ অবশিষ্ট গ্যাসে শুধু নাইট্রোজেন আছে। এক্ষেত্রে আয়তন হ্রাস পাওয়ার অর্থ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন সংযোগে নগণ্য আয়তনের জল উৎপন্ন হওয়া। যদি অক্সিজেনের আয়তন x cc. হয়—

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$

2 ঘনায়তন   1 ঘনায়তন

$2x$ cc. x cc.

$2x+x=15$ cc. $\therefore$ $x=5$ cc. অক্সিজেনের আয়তন $=5$ cc.

$\therefore$ অক্সিজেনের আয়তনের শতকরা মাত্রা $= \frac{5\times100}{29}=17{\cdot}24\%$

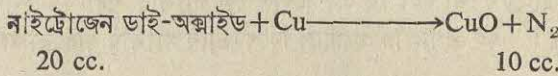
হাইড্রোজেনের আয়তন $=x\times2=10$ cc.

অর্থাৎ হাইড্রোজেনের শতকরা মাত্রা $\frac{10\times100}{29}=34{\cdot}48\%$

অবশিষ্ট গ্যাস বা নাইট্রোজেনের আয়তন $=29-(8+5+10)=6$ cc.

$\therefore$ নাইট্রোজেনের শতকরা মাত্রা $=\frac{6\times100}{29}=20{\cdot}69\%$

(১১) প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 20 cc. নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাসকে উত্তপ্ত কপারের উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে যে নাইট্রোজেন গ্যাস নির্গত হয় তাহার আয়তন 10 cc.। অক্সাইডটির বাষ্পীয় ঘনত্ব 23 হইলে উহার আণবিক সঙ্কেত বাহির কর।

মনে করি গ্যাসটির সঙ্কেত N_xO_y

নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড $+ Cu \longrightarrow CuO + N_2$
20 cc. 10 cc.

$\therefore$ 2 অণু নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে 1 অণু বা 2 পরমাণু নাইট্রোজেন আছে
বা 1 " " " $\frac{1}{2}$ " বা 1 " " আছে,

তাহা হইলে গ্যাসটিকে NO_y সঙ্কেত দ্বারা প্রকাশ করিতে পারি।

$\therefore$ ইহার আণবিক গুরুত্ব $=14+16y$

আবার বাষ্পীয় ঘনত্ব হইতে গ্যাসটির আণবিক গুরুত্ব $=2\times23=46$

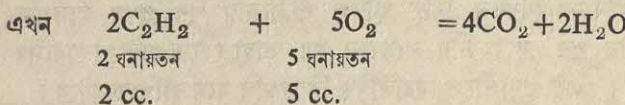
$\therefore$ $14+16y=46$ $\therefore$ $y=2$

তাহা হইলে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডের সংকেত, NO_2

(১২) একটি নমুনায় পটাসিয়াম ক্লোরেটের সঙ্গে কিছুটা পটাসিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত আছে। এই নমুনার 1·555 গ্রাম উত্তাপ প্রয়োগে বিযোজিত করিলে যে পরিমাণ অক্সিজেন পাওয়া য'য় তাহা 27°C তাপমাত্রা ও 750 mm. চাপের 152 cc. অ্যাসিটিলিনকে সম্পূর্ণ দহন করিতে পারে। উক্ত নমুনায় পটাসিয়াম ক্লোরেটের শতকরা মাত্রা কত?

152 cc. অ্যাসিটিলিনের প্রমাণ অবস্থায় আয়তন V_1 cc. হইলে,

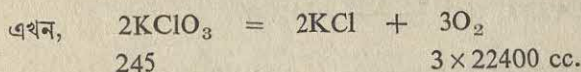
$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$ অথবা, $\frac{760\times V_1}{273}=\frac{750\times152}{273+27}$ বা, $V_1=136{\cdot}5$ cc.

এখন $2C_2H_2 + 5O_2 = 4CO_2+2H_2O$
2 ঘনায়তন 5 ঘনায়তন
2 cc. 5 cc.

সমীকরণ হইতে দেখা যায়,

2 cc. অ্যাসিটিলিন দহনে প্রয়োজনীয় অক্সিজেন 5 cc.

$\therefore$ 136·5 " " " " $\frac{5 \times 136{\cdot}5}{2}$

বা 341·25 cc.

এখন, $2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$

245   3×22400 cc.

অর্থাৎ 3×22400 cc. অক্সিজেন প্রস্তুত করিতে 245 গ্রাম $KClO_3$ প্রয়োজন

$\therefore$ 341·25 cc. " " " $\frac{245 \times 341{\cdot}25}{3 \times 22400}$

বা 1·244 গ্রাম $KClO_3$

$\therefore$ নমুনায় $KClO_3$-এর শতকরা মাত্রা $= \frac{1{\cdot}244 \times 100}{1{\cdot}555}$ বা 80·0%

গ্যাসমিতি প্রণালীতে গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় :

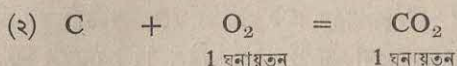
পূর্বে উদাহরণ দ্বারা দেখানো হইয়াছে এই প্রণালীতে গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় করা যায়। এই প্রণালীর প্রয়োগে বিশেষভাবে গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের সঙ্কেত নির্ণীত হয়।

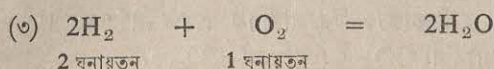
নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন ও অতিরিক্ত পরিমাণ অক্সিজেন মিশ্রণ গ্যাসমান যন্ত্রে লইয়া মিশ্রণে বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ পাঠাইলে হাইড্রোকার্বন সম্পূর্ণভাবে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও স্টীমে পরিণত হয় এবং মিশ্রণ ঠাণ্ডা করিলে ইহাতে কার্বন ডাই-অক্সাইড, জল ও অপরিবর্তিত অক্সিজেন অবশিষ্ট থাকে। সাধারণ উষ্ণতায় জল তরল অবস্থায় থাকে বলিয়া উহার আয়তন নগণ্য এবং ইহা গণনায় উপেক্ষা করা হয়। প্রকৃত-পক্ষে হাইড্রোকার্বন ও অক্সিজেনে বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ সৃষ্টির পর প্রতি ক্ষেত্রেই আয়তনের হ্রাস বা সঙ্কোচন পরিলক্ষিত হয়। এই সঙ্কোচন দুইটি কারণে হয়। প্রথমতঃ উৎপন্ন জলের আয়তন নাই এবং দ্বিতীয়তঃ হাইড্রোকার্বন ও উহার সহিত বিক্রিয়ায় প্রয়োজনীয় অক্সিজেনও লোপ পাইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জল গঠন করে, ফলে আয়তন হ্রাস অনিবার্য হইয়া পড়ে।

উৎপন্ন গ্যাসে NaOH বা KOH দিলে দ্বিতীয়বার গ্যাসের আয়তন হ্রাস বা সঙ্কোচন ঘটে। ইহার কারণ KOH বা NaOH সমস্ত উৎপন্ন CO_2 শোষণ করিয়া লয় এবং দ্বিতীয় আয়তন হ্রাস হইতে কি আয়তনের CO_2 গঠিত হইয়াছে তাহা জানা যায়। অবশিষ্ট গ্যাস অবিকৃত অক্সিজেন গ্যাসের আয়তন। এই প্রক্রিয়ায় সমস্ত আয়তনগুলি একই চাপ ও তাপমাত্রায় মাপা হয়।

সুতরাং হাইড্রোকার্বনের আয়তন, বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ পাঠানোর পর প্রথম সঙ্কোচন এবং KOH দেওয়ার পর যে দ্বিতীয় সঙ্কোচন হয় তাহা হইতে হাইড্রোকার্বনের সঙ্কেত নির্ণয় করা হয়। এই প্রণালীতে নিম্নলিখিত বিষয়গুলি মনে রাখিতে হইবে :

(১) যে পরিমাণ অক্সিজেন ব্যয়িত হয় তাহার একাংশ হাইড্রোকার্বনের কার্বন অংশ হইতে CO_2 উৎপন্ন করে, অপর অংশ হাইড্রোজেনকে জলে পরিণত করে।

(২) $C + O_2 = CO_2$
1 ঘনায়তন   1 ঘনায়তন

∴ কার্বন ডাই-অক্সাইডের উৎপত্তিতে সমায়তন অক্সিজেন ব্যয়িত হয়।

(৩) $2H_2 + O_2 = 2H_2O$
2 ঘনায়তন   1 ঘনায়তন

অর্থাৎ জলের উৎপত্তিতে যে আয়তনে অক্সিজেন ব্যয়িত হয় তাহার দ্বিগুণ আয়তন হাইড্রোজেন প্রয়োজন। এই হাইড্রোজেন হাইড্রোকার্বন হইতে পাওয়া যায়।

এই গ্যাসমিতি প্রণালীতে গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের সঙ্কেত নির্ণয় তিনভাবে করা হয়। (ক) যখন ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন এবং গ্যাস মিশ্রণের প্রথম ও দ্বিতীয় সঙ্কোচন জানা থাকে। (খ) যখন ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন জানা থাকে না কিন্তু প্রথম ও দ্বিতীয় আয়তন-সঙ্কোচন জানা থাকে এবং হাইড্রোকার্বনের ঘনত্ব জানা থাকে না। (গ) যখন ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন জানা থাকে না কিন্তু হাইড্রোকার্বনের ঘনত্ব এবং মাত্র প্রথম আয়তন-সঙ্কোচন জানা থাকে।

উদাহরণ ঃ

(১) 20 cc. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন 50 cc. অক্সিজেনের সহিত মিশাইয়া বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ দ্বারা জারিত করিলে দেখা গেল উহার আয়তন 30 cc. হইয়াছে। ইহাতে KOH দেওয়াতে আয়তন আরও 20 cc. হ্রাস পাইল। হাইড্রোকার্বনের সঙ্কেত নির্ণয় কর।

হাইড্রোকার্বনের আয়তন = 20 cc. এবং গৃহীত অক্সিজেনের আয়তন = 50 cc.

KOH দ্বারা সঙ্কোচনের পরিমাণ = উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন = 20 cc.

প্রথম সঙ্কোচনের পরিমাণ $= 20 + 50 - 30 = 40$ cc.

অবশিষ্ট অপরিবর্তিত অক্সিজেনের আয়তন = 10 cc.

এবং ব্যবহৃত অক্সিজেনের পরিমাণ $= 50 - 10 = 40$ cc.

আমরা জানি 20 cc. কার্বন ডাই-অক্সাইডের জন্য 20 cc. অক্সিজেন প্রয়োজন হয়। তাহা হইলে $(40 - 20) = 20$ cc. অক্সিজেন জল উৎপাদনে ব্যয়িত হইয়াছে।

জল গঠনে 20 cc. অক্সিজেনের সহিত উহার দ্বিগুণ পরিমাণ অর্থাৎ 40 cc. হাইড্রোজেন প্রয়োজন। ∴ 40 cc. হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইয়াছে 20 cc. হাইড্রোকার্বন হইতে।

অর্থাৎ দেখা যাইতেছে 20 cc. হাইড্রোকার্বন হইতে 20 cc. কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং 40 cc. হাইড্রোজেন পাওয়া যায়। এখন অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্প অনুসারে—

1 অণু হাইড্রোকার্বন হইতে 1 অণু CO_2 পাওয়া যায় এবং উহাতে 2 অণু হাইড্রোজেন বা 4 পরমাণু হাইড্রোজেন আছে। কিন্তু 1 অণু CO_2-এ 1 পরমাণু

কার্বন আছে। ∴ 1 অণু হাইড্রোকার্বনে 1 পরমাণু কার্বন এবং 4 পরমাণু হাইড্রোজেন থাকিবে। ∴ হাইড্রোকার্বনের সঙ্কেত CH_4

(২) 10 cc. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন 100 cc. অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ দ্বারা জারিত করিয়া ঠাণ্ডা করিলে মিশ্রণের আয়তন 95 cc. হয়, যাহার 20 cc. NaOH শোষিত করিতে পারে এবং বাকীটা ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্রবণে শোষিত হয়। হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর।

NaOH দ্বারা শোষিত গ্যাস বা CO_2-এর আয়তন = 20 cc.

ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্রবণ দ্বারা শোষিত গ্যাস বা অপরিবর্তিত অক্সিজেনের আয়তন $= 95 - 20$ cc. $= 75$ cc.

∴ ব্যবহৃত অক্সিজেনের পরিমাণ $= (100 - 75)$ cc. $= 25$ cc.

আমরা জানি 20 cc. কার্বন ডাই-অক্সাইডের জন্য 20 cc. অক্সিজেন দরকার

∴ $(25 - 20) = 5$ cc. অক্সিজেন জল তৈয়ারীতে ব্যয়িত হইয়াছে।

∴ উক্ত পরিমাণ জলের জন্য ব্যবহৃত অক্সিজেনের দ্বিগুণ আয়তন বা 10 cc. হাইড্রোজেন প্রয়োজন হইয়াছে।

∴ 10 cc. হাইড্রোকার্বন হইতে 20 cc. কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং 10 cc. হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

অর্থাৎ 1 অণু হাইড্রোকার্বন হইতে 2 অণু CO_2 এবং 1 অণু H_2 পাওয়া যায়। 2 অণু CO_2-এ 2টি কার্বন পরমাণু এবং 1 অণু হাইড্রোজেনে 2 পরমাণু হাইড্রোজেন থাকে। ∴ হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সঙ্কেত C_2H_2

(৩) 15 cc. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনে অতিরিক্ত অক্সিজেন-মিশ্রিত অবস্থায় বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ পাঠাইয়া ঠাণ্ডা করিলে মিশ্রণের আয়তন 45 cc. সঙ্কোচন হয়। উহাতে KOH যোগ করিলে উহার আয়তন আরও 45 cc. সঙ্কোচন হয়। হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সঙ্কেত কি হইবে?

বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গের পর প্রথম সঙ্কোচনের পরিমাণ = 45 cc.

KOH দ্বারা দ্বিতীয় সঙ্কোচনের পরিমাণ = উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন = 45 cc.

প্রথম সঙ্কোচনের পরিমাণ = হাইড্রোকার্বনের আয়তন + ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন — উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন।

∴ $45 = 15 +$ ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন — 45

অর্থাৎ ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন = 75 cc. ∴ এই পরিমাণ অক্সিজেনই হাইড্রোকার্বন হইতে জল এবং 45 cc. CO_2 সৃষ্টি করিয়াছে।

আমরা জানি 45 cc. CO_2 পাইতে 45 cc. অক্সিজেন লাগে, তাহা হইলে বাকী 30 cc. অক্সিজেন দ্বারা জল উৎপন্ন হইয়াছে এবং ইহাতে অবশ্যই 60 cc. H_2 প্রয়োজন হইয়াছে।

∴ 15 cc. হাইড্রোকার্বন হইতে 45 cc. কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং 60 cc. হাইড্রোজেন পাওয়া যাইতেছে। অর্থাৎ 1 অণু হাইড্রোকার্বন হইতে 3 অণু

CO_2 পাওয়া যায় এবং ইহাতে 4 অণু H_2 অথবা 8 পরমাণু হাইড্রোজেন আছে। আবার 3 অণু CO_2-এ 3 পরমাণু কার্বন থাকে। ∴ হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সঙ্কেত C_3H_8।

(8) 20 cc. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনকে প্রয়োজনের কিঞ্চিদধিক অক্সিজেনের সহিত মিশাইয়া বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ দ্বারা জারিত করার পর ঠাণ্ডা করিলে মিশ্রণের আয়তনের 60 cc. সঙ্কোচন হয়। গ্যাসটির ঘনত্ব 22 হইলে উহার আণবিক সঙ্কেত কি ?

মনে করি, হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সংকেত C_xH_y.

বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ পাঠানোর ফলে যে সঙ্কোচন হইয়াছে তাহাতে হাইড্রোকার্বনটুকু এবং উহার কার্বন ও হাইড্রোজেন এর সহিত বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত O_2 লোপ পাইয়াছে এবং কার্বন হইতে কিছু CO_2 উৎপন্ন হইয়াছে। আবার, উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন কার্বন অংশ জারিত করিতে প্রয়োজনীয় অক্সিজেনের সমান।

∴ সঙ্কোচনের পরিমাণ=হাইড্রোকার্বনের আয়তন+কার্বনের সহিত বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন+হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়ায় ব্যয়িত অক্সিজেনের আয়তন—উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন।

60=20+হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়ায় ব্যয়িত অক্সিজেনের আয়তন।

∴ হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের আয়তন=40 cc.

অর্থাৎ হাইড্রোকার্বন হইতে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের আয়তন =40 cc. এবং এই আয়তনের অক্সিজেন ইহার দ্বিগুণ আয়তনের অর্থাৎ 80 cc. হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত অর্থাৎ 20 cc. হাইড্রোকার্বনে 80 cc. H_2 আছে।

∴ 1 অণু হাইড্রোকার্বনে 4 অণু হাইড্রোজেন বা 8 পরমাণু হাইড্রোজেন বর্তমান।

∴ হাইড্রোকার্বনটিকে C_xH_8 এইভাবে প্রকাশ করিতে পারি।

ইহার আণবিক গুরুত্ব $=12x+8$

আবার প্রশ্নানুযায়ী হাইড্রোকার্বনের ঘনত্ব=22 ;

∴ আণবিক গুরুত্ব $=2\times22=44$

∴ $12x+8=44$ ∴ $x=3$ (কার্বন পরমাণুর সংখ্যা)

∴ হাইড্রোকার্বনের আণবিক সংকেত C_3H_8.

(৫) 30 cc. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন এবং 75 cc. অক্সিজেনে বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গ পাঠানোর পর ঠাণ্ডা করিলে দেখা যায় মিশ্রণের আয়তন 45 cc. হয়। গ্যাসটির ঘনত্ব 8। উহার আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর।

মনে করি, গ্যাসটির আণবিক সঙ্কেত C_xH_y। (x এবং y যথাক্রমে C পরমাণু এবং H পরমাণুর সংখ্যা)।

বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ পাঠানোর ফলে সঙ্কোচনের পরিমাণ $=30+75-45=60$ cc.

এই বিক্রিয়ায় সমস্ত হাইড্রোকার্বনটুকু এবং উহার কার্বন এবং হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত অক্সিজেন লোপ পায়। কার্বন হইতে কিছু CO_2 উৎপন্ন

হইয়াছে। আবার CO_2-এর আয়তন কার্বন অংশ জারিত করিতে ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তনের সমান।

∴ সঙ্কোচনের পরিমাণ = হাইড্রোকার্বনের আয়তন + কার্বন অংশ জারণে ব্যয়িত অক্সিজেনের আয়তন + হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়ায় ব্যয়িত অক্সিজেন— উৎপন্ন CO -এর আয়তন।

60 = 30 + হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়ায় ব্যয়িত অক্সিজেনের আয়তন

∴ হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়ায় ব্যয়িত অক্সিজেনের আয়তন = 30 cc.

অর্থাৎ হাইড্রোকার্বন হইতে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের আয়তন = 30 cc. এবং এই আয়তনের অক্সিজেন ইহার দ্বিগুণ আয়তনের অর্থাৎ 60 cc. হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়। তাহা হইলে 30 cc. হাইড্রোকার্বনে 60 cc. হাইড্রোজেন আছে।

∴ 1 অণু হাইড্রোকার্বনে 2 অণু বা 4 পরমাণু হাইড্রোজেন আছে।

∴ হাইড্রোকার্বনটিকে C_xH_4 এই সঙ্কেতে প্রকাশ করিতে পারি। তাহা হইলে ইহার আণবিক গুরুত্ব = $12x + 4$

আবার প্রশ্নানুযায়ী আণবিক গুরুত্ব = 2 × বাষ্পীয় ঘনত্ব = $2 \times 8 = 16$

∴ $12x + 4 = 16$ বা $x = 1$ (কার্বন পরমাণুর সংখ্যা)

∴ হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সঙ্কেত CH_4

গ্যাসীয় পদার্থের বাষ্পীয় ঘনত্ব (Vapour density): অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প আলোচনাকালে বাষ্পীয় ঘনত্বের কথা উল্লেখ করা হইয়াছে। এই সম্বন্ধে আরও দুই-একটি কথা এখানে বলা হইল।

সাধারণভাবে কোন পদার্থের ঘনত্ব অর্থে সেই পদার্থের এক আয়তনের ভর বোঝায়। ভরকে গ্রামে এবং আয়তনকে মিলিলিটারে প্রকাশ করিলে যে ঘনত্ব পাওয়া যায় তাহাকে বলা হয় **পরম ঘনত্ব** (absolute density)। লক্ষ্য করার বিষয় যে ঘনত্বের একক থাকে।

$$\therefore \text{ ঘনত্ব } (d) = \frac{m \text{ (পদার্থের ভর)}}{v \text{ (পদার্থের আয়তন)}}$$

$$\therefore d = \frac{m}{v} \text{ গ্রাম} = \frac{\text{পদার্থের ওজন (গ্রামে)}}{\text{পদার্থের আয়তন (মিলিলিটারে)}} = \text{পরম ঘনত্ব।}$$

গ্যাসের আয়তন চাপ ও উষ্ণতার উপর বিশেষভাবে নির্ভরশীল। কিন্তু ওজন অপরিবর্তিত থাকে। ফলে উষ্ণতা ও চাপের পরিবর্তনে ঘনত্বের উল্লেখযোগ্য পরিবর্তন ঘটিবেই। সেইজন্য গ্যাসের ঘনত্ব উল্লেখ করার সময় উহার চাপ ও উষ্ণতার উল্লেখ অবশ্যই করিতে হয়।

কঠিন বা তরলের তুলনায় গ্যাসীয় পদার্থের সমায়তন গ্যাসের ভর অতি অল্প। সেইজন্য সাধারণতঃ গ্যাসের ঘনত্ব পরম ঘনত্ব অর্থাৎ প্রতি মিলিলিটারে গ্রাম স্বরূপ প্রকাশ করা হয় না। গ্যাসের ঘনত্ব সচরাচর প্রমাণ অবস্থায় (অর্থাৎ $0^\circ C$ তাপ-

মাত্রায় 1 অ্যাটমসফিয়ার বা 760 mm চাপে প্রতি লিটারে গ্রাম হিসাবে (গ্রাম/লিটার) ব্যক্ত করা হয়। ইহাকে বলা হয় **লিটার ঘনত্ব** বা **নর্মাল ঘনত্ব** (normal density)।

প্রমাণ অবস্থায় হাইড্রোজেনের ঘনত্ব 0·00009 গ্রাম ; CO_2-এর ঘনত্ব=0·00198 গ্রাম। সুতরাং প্রমাণ অবস্থায় হাইড্রোজেন, অক্সিজেন এবং CO_2-এর প্রমাণ ঘনত্ব যথাক্রমে 0·09 গ্রাম/লিটার, 1·829 গ্রাম/লিটার এবং 1·98 গ্রাম/লিটার। ঘনত্বের হিসাব সহজ করার জন্য গ্যাসীয় পদার্থের ঘনত্ব সাধারণ ভাবে গ্রাম হিসাবে না মাপিয়া একই চাপ ও উষ্ণতায় হাইড্রোজেনের (সর্বাপেক্ষা হাল্‌কা গ্যাস) ঘনত্বের সঙ্গে তুলনামূলকভাবে ব্যক্ত করা হয়। ইহাকে **বাষ্পীয় ঘনত্ব** বা আপেক্ষিক ঘনত্ব বলা হয়। **একই চাপ ও উষ্ণতায় কোন গ্যাস উহার সম-আয়তন হাইড্রোজেন অপেক্ষা যত গুণ ভারী উহাই ঐ গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব।** বাষ্পীয় ঘনত্ব একটি বিশুদ্ধ সংখ্যা মাত্র। উহার **একক থাকে না।**

$$CO_2\text{-এর বাষ্পীয় ঘনত্ব} = \frac{\text{V ml কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের ওজন}}{\text{V ml হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

[একই উষ্ণতা ও চাপে]

$$= \frac{\text{1 ml কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন}}{\text{1 ml হাইড্রোজেনের ওজন}} \quad \text{" \quad " \quad "}$$

$$= \frac{0{\cdot}00198}{0{\cdot}00009} = 22\text{ ।}$$

∴ এই হিসাবে CO_2-এর ঘনত্ব 22। ইহাতে বুঝায় একই চাপ ও তাপমাত্রায় CO_2-এর কোন নির্দিষ্ট আয়তনের ভর সম-আয়তন হাইড্রোজেন অপেক্ষা 22 গুণ ভারী। এই কথা সঠিকভাবে লিখা হয় এইভাবে,—কার্বন ডাই-অক্সাইডের ঘনত্ব 22 (H=1)। এই হিসাবে অ্যামোনিয়ার বাষ্পীয় ঘনত্ব 8·5, সালফার ডাই-অক্সাইডের 32 এবং মিথেনের 8। গ্যাসের ঘনত্ব উষ্ণতার সহিত পরিবর্তিত হইলেও ইহার বাষ্পীয় ঘনত্বের সেইরূপ হয় না।

হাইড্রোজেনের প্রমাণ ঘনত্ব=0·09 গ্রাম/লিটার—

$$\text{আপেক্ষিক ঘনত্ব বা বাষ্পীয় ঘনত্ব} = \frac{\text{গ্যাসের প্রমাণ ঘনত্ব}}{\text{হাইড্রোজেনের প্রমাণ ঘনত্ব}}$$

∴ গ্যাসের প্রমাণ ঘনত্ব=বাষ্পীয় ঘনত্ব×0·09 অর্থাৎ প্রমাণ অবস্থায় এক লিটার গ্যাসের ভর=গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব×0·09 গ্রাম।

কোন তরল বা কঠিন পদার্থকে বাষ্পীভূত করিয়া যে বাষ্প পাওয়া যায় তাহার ঘনত্বও হাইড্রোজেনের ঘনত্বের অনুপাতে প্রকাশ করা যায়। যেমন, জলীয় বাষ্পের বাষ্পীয় ঘনত্ব=9 এবং ক্লোরোফর্মের বাষ্পীয় ঘনত্ব=59·68।

স্থূল সঙ্কেত ও আণবিক সঙ্কেত
(Empirical aod Molecular formula)

স্থূল সঙ্কেত ঃ কোন যৌগের উপাদান মৌলগুলির শতকরা সংযুতি হইতে মৌলগুলির পরমাণুসংখ্যার অনুপাত নির্ণয় করিয়া যে সরলতম সঙ্কেত পাওয়া যায় তাহা ঐ যৌগের **স্থূল সঙ্কেত**।

আণবিক সঙ্কেত ঃ যে সঙ্কেতের সাহায্যে কোন যৌগের উপাদান মৌলগুলির সঠিক পরমাণু সংখ্যা জানা যায় তাহাকে ঐ যৌগের **আণবিক সঙ্কেত** বলা হয়।

স্থূল সঙ্কেত যৌগের অণুর গঠনকারী মৌল সমূহের পরমাণু সংখ্যার অনুপাত নির্দেশ করে মাত্র, আর আণবিক সঙ্কেত যৌগের অণুর গঠনকারী মৌল সমূহের পরমাণুর প্রকৃত সংখ্যা নির্দেশ করে।

যেমন, বেঞ্জিন কার্বন ও হাইড্রোজেনের একটি যৌগ। ইহা বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায় ইহাতে কার্বন ও হাইড্রোজেনের পরমাণুর সংখ্যার অনুপাত 1 ঃ 1 অর্থাৎ ইহার স্থূল সঙ্কেত CH। কিন্তু উহাতে প্রকৃতপক্ষে 6টি কার্বন ও 6টি হাইড্রোজেন পরমাণু বর্তমান ; সুতরাং ইহার আণবিক সঙ্কেত C_6H_6।

স্থূল সঙ্কেত ও আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় এবং ইহাদের পারস্পরিক সম্পর্ক ঃ কোন যৌগের আণবিক সঙ্কেত উহার স্থূল সঙ্কেতের সমান বা উহার কোন সরল গুণিতক হয়। অর্থাৎ স্থূল সঙ্কেত $\times n =$ আণবিক সঙ্কেত, যেখানে $n=1, 2, 3,$ প্রভৃতি সরল পূর্ণ সংখ্যা। $\therefore$ $n=1$ হইলে যৌগের আণবিক সঙ্কেত ও স্থূল সঙ্কেত একই হইবে।

স্পষ্টত দেখা যাইতেছে যে $n = \dfrac{\text{প্রকৃত আণবিক গুরুত্ব বা ওজন}}{\text{স্থূল সঙ্কেত অনুসারে প্রাপ্ত ওজন}}$

$\therefore$ n নির্ণয় করিতে হইলে যৌগের প্রকৃত আণবিক গুরুত্বকে উহার স্থূল সঙ্কেত অনুসারে প্রাপ্ত ওজন (পরমাণুগুলির পারমাণবিক গুরুত্বের যোগফল) দিয়া ভাগ করিতে হইবে এবং n-এর মান নির্ণীত হইলে স্থূল সঙ্কেতকে n-এর মান দ্বারা গুণ করিয়া আণবিক সঙ্কেত পাওয়া যায়।

উদাহরণ স্বরূপ বলা যায় (ক) ইথিলীন একটি হাইড্রোকার্বন। ইহার পরমাণু সংখ্যার অনুপাত কার্বন ঃ হাইড্রোজেন 1 ঃ 2 অর্থাৎ স্থূল সঙ্কেত CH_2

$\therefore$ ইহার আণবিক সঙ্কেত $(CH_2)n$। এখন ইথিলীনের আণবিক গুরুত্ব সাহায্যে দেখা গিয়াছে $n=2$

$\therefore$ ইথিলীনের আণবিক সঙ্কেত C_2H_4।

(খ) গ্লুকোজ (Glucose) কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন এই তিনটি মৌল উপাদান দ্বারা গঠিত যৌগ। ইহাতে পরমাণু সংখ্যার অনুপাত $C : H : O = 1 : 2 : 1$, অর্থাৎ স্থূল সঙ্কেত CH_2O। $\therefore$ আণবিক সঙ্কেত $(CH_2O)n$। গ্লুকোজের আণবিক গুরুত্ব সাহায্যে n-এর মান$=6$, সুতরাং যৌগটির আণবিক সঙ্কেত $C_6H_{12}O_6$।

মনে করি A এবং B তুই মৌল রাসায়নিকভাবে যুক্ত হইয়া A_xB_y যৌগ গঠন করে যেখানে x এবং y যথাক্রমে A এবং B মৌলের পরমাণু সংখ্যা নির্দেশ করে। মনে করি A এবং B মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব যথাক্রমে a এবং b।

$\therefore$ A_xB_y যৌগের আণবিক গুরুত্ব $= ax + by$

$\therefore$ A মৌলের শতকরা মাত্রা $= \dfrac{ax \times 100}{ax + by}$ এবং

B মৌলের শতকরা মাত্রা $= \dfrac{by \times 100}{ax + by}$

$\therefore$ $\dfrac{\text{A মৌলের শতকরা মাত্রা}}{\text{B মৌলের শতকরা মাত্রা}} = \dfrac{ax \times 100}{ax + by} \times \dfrac{ax + by}{by \times 100} = \dfrac{ax}{by}$

$\therefore$ $\dfrac{\text{A মৌলের শতকরা মাত্রা}}{a} : \dfrac{\text{B মৌলের শতকরা মাত্রা}}{b} = x : y$

অথবা $\dfrac{\text{A মৌলের শতকরা মাত্রা}}{\text{A মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব}} : \dfrac{\text{B মৌলের শতকরা মাত্রা}}{\text{B মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব}}$

= A মৌলের পরমাণুর সংখ্যা : B মৌলের পরমাণুর সংখ্যা।

স্থতরাং যৌগের গঠনকারী প্রতিটি মৌলের শতকরা মাত্রাকে সেই মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব দিয়া ভাগ করিলে যে সংখ্যা পাওয়া যায়, তাহা ঐ যৌগে ঐ মৌলের পরমাণু সংখ্যার সমানুপাতিক। অতএব যৌগের প্রতিটি মৌলের শতকরা মাত্রাকে উহাদের পারমাণবিক গুরুত্ব দ্বারা ভাগ করিয়া গঠনকারী মৌলসমূহের পরমাণু সংখ্যার অনুপাত নির্ণয় করা যায়। কিন্তু বাস্তব ক্ষেত্রে দেখা যায় সেই অনুপাতগুলি সব সময় পূর্ণ সংখ্যা হয় না, বরং অধিকাংশ ক্ষেত্রে ভগ্নাংশ হইয়া থাকে। পরমাণু অবিভাজ্য, উহার ভগ্নাংশ কোন যৌগে থাকিতে পারে না। সেইজন্য উক্ত ভগ্নাংশগুলি পূর্ণ সংখ্যায় প্রকাশ করিবার জন্য তাহাদের মধ্যে ক্ষুদ্রতম সংখ্যা দ্বারা ঐ সংখ্যাগুলির প্রত্যেকটিকে ভাগ করিতে হয়। ইহাতেও সবগুলি পূর্ণ সংখ্যা না হইলে দ্বিতীয় ভাগফলগুলিকে পুনরায় এমন একটি সাধারণ সংখ্যা দ্বারা গুণ করিতে হয় যাহাতে সব ভাগফলগুলি পূর্ণ সংখ্যায় রূপান্তরিত হয়। অবশ্য ক্ষেত্রবিশেষে আসন্ন পূর্ণ সংখ্যার মান গ্রহণ করিতে হয়। এইভাবে পরমাণু সংখ্যার অনুপাত হইতে প্রথমে স্থূল সঙ্কেত পাওয়া যায় এবং স্থূল সঙ্কেত $\times n =$ আণবিক সঙ্কেত, এই সম্পর্কের সাহায্যে n-এর মান হইতে আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় করা হয়। পূর্বেই বলা হইয়াছে n-এর মান বাহির করিতে যৌগটির আণবিক গুরুত্ব জানা একান্ত প্রয়োজন।

স্থূল সঙ্কেত ও আণবিক সঙ্কেত সম্পর্কীয় গাণিতিক উদাহরণ :

(১) একটি বর্ণহীন কেলাসাকার যৌগের শতকরা সংযুতি : সালফার 24·24%, নাইট্রোজেন 21·21%, হাইড্রোজেন 6·06% এবং বাকীটুকু অক্সিজেন। যৌগটির স্থূল

সঙ্কেত নির্ণয় কর। যৌগটি যদি একটি সালফেট হয় এবং উহার আণবিক সঙ্কেত এবং স্থুল সঙ্কেত একই হয় তবে যৌগটির নাম লিখ।

প্রশ্নানুসারে অক্সিজেনের শতকরা পরিমাণ

$= 100 - (24{\cdot}24 + 21{\cdot}21 + 6{\cdot}06) = 48{\cdot}49$

∴ পরমাণু সংখ্যার অনুপাতে

$$S : N : H : O = \frac{24{\cdot}24}{32} : \frac{21{\cdot}21}{14} : \frac{6{\cdot}06}{1} : \frac{48{\cdot}49}{16}$$

$= 0{\cdot}757 : 1{\cdot}515 : 6{\cdot}06 : 3{\cdot}03$

$= 1 : 2 : 8 : 4$ (ক্ষুদ্রতম সংখ্যা $0{\cdot}757$ দ্বারা ভাগ করিয়া)

∴ যৌগটির স্থুল সঙ্কেত $SN_2H_8O_4$

প্রশ্নানুসারে উহার আণবিক ও স্থুল সঙ্কেত একই এবং যৌগটি সালফেট বলিয়া উহা $N_2H_8(SO_4)$ অর্থাৎ $(NH_4)_2SO_4$।

∴ যৌগটির নাম অ্যামোনিয়াম সালফেট।

(২) কোন একটি মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব 24। ঐ মৌলটির অক্সাইডে 40% অক্সিজেন থাকিলে অক্সাইডটির স্থুল সঙ্কেত নির্ণয় কর।

মনে করি, মৌলটি M। উহার অক্সাইডে O = 40% M = 60%

∴ পরমাণুর সংখ্যার অনুপাতে $M : O = \frac{60}{24} : \frac{40}{16} = 2{\cdot}5 : 2{\cdot}5 = 1 : 1$

∴ অক্সাইডের স্থুল সঙ্কেত MO.

(৩) একটি আয়রন অক্সাইড আকরিকে Fe, 42% আছে। কিন্তু আকরিকটিতে 42% অশুদ্ধি মিশ্রিত আছে। আকরিকটিতে আয়রনের যে অক্সাইড আছে তাহার স্থুল সঙ্কেত নির্ণয় কর। [Fe = 56]

আকরিকে অশুদ্ধি আছে 42%

∴ আয়রনের অক্সাইড আছে (100 − 42)% = 58%

অতএব ইহাতে অক্সিজেনের শতকরা পরিমাণ 58 − 42 = 16%

∴ ওজনের অনুপাতে Fe : O = 42 : 16

∴ পরমাণু সংখ্যার অনুপাতে $Fe : O = \frac{42}{56} : \frac{16}{16} = \frac{3}{4} : 1$ বা, 3 : 4

∴ আকরিক আয়রন অক্সাইডের স্থুল সঙ্কেত Fe_3O_4

(৪) কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন দ্বারা গঠিত একটি জৈব যৌগের $1{\cdot}425$ গ্রাম দহন করিলে $1{\cdot}771$ গ্রাম CO_2 এবং $0{\cdot}725$ গ্রাম H_2O পাওয়া যায়। যৌগটির স্থুল সঙ্কেত নির্ণয় কর।

44 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইডে কার্বন আছে 12 গ্রাম

∴ $1{\cdot}771$ " " " " " " $\frac{12 \times 1{\cdot}771}{44}$ গ্রাম

$= 1{\cdot}425$ গ্রাম যৌগে কার্বনের পরিমাণ।

∴ যৌগটিতে কার্বনের শতকরা পরিমাণ $= \frac{12 \times 1{\cdot}771 \times 100}{1{\cdot}425 \times 44} = 33{\cdot}89$

18 গ্রাম জলে হাইড্রোজেন আছে 2 গ্রাম

$\therefore$ 0·725 " " " " $\frac{2 \times 0{\cdot}725}{18}$ গ্রাম

=1·425 গ্রাম যৌগে হাইড্রোজেনের পরিমাণ

$\therefore$ যৌগটিতে হাইড্রোজেনের শতকরা পরিমাণ$=\frac{2 \times 0{\cdot}725 \times 100}{1{\cdot}425 \times 18}=5{\cdot}65$

$\therefore$ অক্সিজেনের শতকরা পরিমাণ$=100-(33{\cdot}89+5{\cdot}65)=60{\cdot}46$

$\therefore$ ওজনের অনুপাতে $C : H : O=33{\cdot}89 : 5{\cdot}65 : 60{\cdot}46$

পরমাণু সংখ্যার অনুপাত $C : H : O=\frac{33{\cdot}89}{12} : \frac{5{\cdot}65}{1} : \frac{60{\cdot}46}{16}$

$=2{\cdot}824 : 5{\cdot}65 : 3{\cdot}78=1 : 2 : 1{\cdot}34$

[2·824 দ্বারা ভাগ করিয়া]$=3 : 6 : 4$

(ক্ষুদ্রতম পূর্ণ সংখ্যা করিতে প্রতিটিকে 3 দ্বারা গুণ করিয়া)

$\therefore$ স্থূল সঙ্কেত$=C_3H_6O_4$

(৫) কার্বন, হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন সংযোগে গঠিত কোন যৌগে $C=10{\cdot}04\%$, $H=0{\cdot}84\%$, $Cl=89{\cdot}12\%$ আছে। যৌগটির বাষ্প ঘনত্ব 59·75 হইলে উহার আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর।

ওজনের অনুপাতে $C : H : Cl=10{\cdot}04 : 0{\cdot}84 : 89{\cdot}12$

তাহা হইলে পরমাণু সংখ্যার অনুপাতে $C : H : Cl=\frac{10{\cdot}04}{12} : \frac{0{\cdot}84}{1} : \frac{89{\cdot}12}{35{\cdot}5}$

$=0{\cdot}84 : 0{\cdot}84 : 2{\cdot}51$

$=1 : 1 : 3$

(ক্ষুদ্রতম সংখ্যা 0·84 দ্বারা ভাগ করিয়া)

$\therefore$ যৌগটির স্থূল সঙ্কেত $CHCl_3$। তাহা হইলে আণবিক সঙ্কেত $(CHCl_3)_n$ [n=পূর্ণসংখ্যা]। প্রশ্নানুসারে যৌগটির বাষ্পীয় ঘনত্ব 59·75

$\therefore$ আণবিক গুরুত্ব$=2 \times 59{\cdot}75=119{\cdot}50$ অর্থাৎ $(CHCl_3)_n=119{\cdot}50$.

$\therefore$ $n(12+1+35{\cdot}5 \times 3)=119{\cdot}50$। সুতরাং $n=1$

নির্ণেয় আণবিক সঙ্কেত$=CHCl_3$.

(৬) একটি যৌগে শতকরা ওজনের 40 ভাগ কার্বন, 6·67 ভাগ হাইড্রোজেন এবং অবশিষ্ট অক্সিজেন আছে। ইহার স্থূল সঙ্কেত কি ? যখন ইহাকে গ্যাসীয় পদার্থে রূপান্তরিত করা হয়, তখন ইহার ঘনত্ব অক্সিজেনের ঘনত্ব হইতে 2·813 গুণ বেশী হয়। যৌগটির আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর।

প্রশ্নানুসারে $C=40\%$, $H=6{\cdot}67\%$ $\therefore$ $O=100-(40+6{\cdot}67)=53{\cdot}33\%$

ওজনের অনুপাতে $C : H : O=40 : 6{\cdot}67 : 53{\cdot}33$

∴ পরমাণু সংখ্যার অনুপাতে $C:H:O=\frac{40}{12}:\frac{6\cdot67}{1}:\frac{53\cdot33}{16}$

$=3\cdot33:6\cdot67:3.33=1:2:1$

[3·33 দ্বারা ভাগ করিয়া]

∴ স্থূল সঙ্কেত $=CH_2O$

গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব $=2\cdot813\times16=45$ ∴ আণবিক গুরুত্ব $=2\times45=90$

মনে করি, আণবিক সঙ্কেত $(CH_2O)_n$ [n = একটি পূর্ণসংখ্যা]

∴ $(CH_2O)_n=90$ ∴ $n(12+2+16)=90$ বা $n=3$

সুতরাং নির্ণেয় আণবিক সঙ্কেত $C_3H_6O_3$.

(৭) কোন যৌগে $C=41\cdot38\%$, $H=3\cdot45\%$ এবং অবশিষ্ট অক্সিজেন আছে। যৌগটির আণবিক গুরুত্ব 116। ইহার আণবিক সঙ্কেত কি?

ঐ পদার্থের 0·25 গ্রাম CO_2 মুক্ত শুষ্ক বায়ুতে সম্পূর্ণরূপে ভস্মীভূত করিয়া উৎপন্ন গ্যাসকে পরপর রক্ষিত দুইটি U-নলের মধ্য দিয়া পরিচালনা করা হইল। প্রথম U-নলে অনার্দ্র $CaCl_2$ এবং দ্বিতীয় U-নলে NaOH আছে। ঐ U-নল দুইটির ওজন কতটা বৃদ্ধি পাইবে?

$C=41\cdot38\%$, $H=3\cdot45\%$ ∴ $O=100-(41\cdot38+3\cdot45)=55\cdot17\%$

ওজনের অনুপাতে, $C:H:O=41\cdot38:3\cdot45:55\cdot17$

∴ পরমাণু সংখ্যার অনুপাত $C:H:O=\frac{41\cdot38}{12}:\frac{3\cdot45}{1}:\frac{55\cdot17}{16}$

$=3\cdot45:3\cdot45:3\cdot45=1:1:1$

∴ যৌগটির স্থূল সঙ্কেত $=CHO$

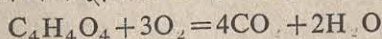
∴ " আণবিক " $=(CHO)_n$ [n = পূর্ণসংখ্যা]

যৌগটির আণবিক গুরুত্ব $=116$

অর্থাৎ $(CHO)_n=116$ ∴ $n(12+1+16)=116$ ∴ $n=4$

সুতরাং আণবিক সঙ্কেত $C_4H_4O_4$

যৌগটিকে বাতাসে পুড়াইলে CO_2 ও H_2O পাওয়া যায়—

$$\underset{116}{C_4H_4O_4}+3O_2=\underset{4\times44}{4CO_2}+\underset{2\times18}{2H_2O}$$

116 গ্রাম পদার্থ পুড়াইয়া 176 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়

∴ 0·25 " " " $\frac{176\times0\cdot25}{116}$ " " " " "

বা 0·3793 " " " " "

আবার 116 গ্রাম পদার্থ পুড়ানোর ফলে উৎপন্ন জলের পরিমাণ 36 গ্রাম

∴ 0·25 গ্রাম পদার্থ পুড়ানোর ফলে উৎপন্ন জলের পরিমাণ

$\frac{36\times0\cdot25}{116}$ গ্রাম বা 0·0776 গ্রাম

অনার্দ্র $CaCl_2$ জল এবং NaOH কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষণ করে বলিয়া U-নল দুইটির ওজন বৃদ্ধি হয়। অর্থাৎ অনার্দ্র $CaCl_2$ পূর্ণ U-নলের ওজন বৃদ্ধি 0·0776 গ্রাম এবং NaOH পূর্ণ U-নলের ওজন বৃদ্ধি 0·3793 গ্রাম।

(৮) M ধাতুর একটি অক্সাইডে 27·6% অক্সিজেন আছে। অক্সাইডটির সঙ্কেত M_3O_4 হইলে M ধাতুর পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর। ঐ ধাতুর অপর একটি অক্সাইডে অক্সিজেনের শতকরা মাত্রা 30 হইলে ঐ অক্সাইডের সঙ্কেত কি ?

প্রথম অক্সাইডে O=27·6% ∴ M ধাতু=100−27·6=72·4%

দ্বিতীয় অক্সাইডে O=30% ∴ M ধাতু=70%

মনে করি, 'M' ধাতুর পারমাণবিক গুরুত্ব=a ; তাহা হইলে প্রথম অক্সাইডে

$M : O = \frac{72·4}{a} : \frac{27·6}{16} = 3 : 4$। অর্থাৎ $\frac{72·4 \times 16}{a \times 27·6} = \frac{3}{4}$

$$\text{অর্থাৎ } a = \frac{72·4 \times 16 \times 4}{27·6 \times 3} = 56 \text{ (প্রায়)}$$

অতএব দ্বিতীয় অক্সাইডে $M : O = \frac{70}{56} : \frac{30}{16}$ বা, 2 : 3

∴ দ্বিতীয় অক্সাইডের সঙ্কেত $M_2 O_3$

আণবিক সঙ্কেত হইতে যৌগের উপাদানগুলির শতকরা পরিমাণ নির্ণয়

(৯) পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেটের আণবিক সঙ্কেত $K_2Cr_2O_7$। উহার উপাদানগুলি শতকরা কি অনুপাতে আছে বাহির কর।

$K_2Cr_2O_7$-এর আণবিক গুরুত্ব=2×39+2×58+7×16=306

∴ 306 ভাগ ওজনে পটাসিয়াম আছে 78 ভাগ

∴ 100 " " " " $\frac{78 \times 100}{306} = 25·49$

∴ পটাসিয়াম=25·49%

306 ভাগ ওজনে ক্রোমিয়াম আছে 116 ভাগ

∴ 100 " " " " $\frac{116 \times 100}{306} = 37·91$ ভাগ

∴ ক্রোমিয়াম=37·91%

306 ভাগ ওজনে অক্সিজেন আছে 112 ভাগ

∴ 100 " " " " $\frac{112 \times 100}{306}$ 36·6 ভাগ

∴ অক্সিজেন=36·6%

(১০) পটাস অ্যালামের আণবিক সঙ্কেত, $K_2SO_4Al_2(SO_4)_3 24H_2O$. উহাতে অ্যালুমিনিয়াম, সালফেট এবং জলের শতকরা অনুপাত নির্ণয় কর।

পটাস অ্যালামে 2 পরমাণু Al, 4টি সালফেট মূলক এবং 24টি জলের অণু আছে।

আণবিক সঙ্কেত হইতে পটাস অ্যালামের আণবিক গুরুত্ব $=948$

দুই পরমাণু Al-এর পারমাণবিক গুরুত্বের যোগফল $2\times27=54$

$\therefore$ অ্যালুমিনিয়ামের শতকরা মাত্রা $=\dfrac{54\times100}{948}=5{\cdot}69$

পারমাণবিক গুরুত্বের হিসাবে 4টি SO_4 মূলকের ওজন $=4\times(32+4\times16)=384$

$\therefore$ SO_4 মূলকের শতকরা মাত্রা $\dfrac{384\times100}{948}=40{\cdot}51$

24 অণু জলের আণবিক গুরুত্বের যোগফল $=24\times18=432$

$\therefore$ জলের শতকরা মাত্রা $=\dfrac{432\times100}{948}=45{\cdot}57.$

কয়েকটি ক্ষেত্রে যৌগিক পদার্থের কোন উপাদান মৌলের পরিমাণ সরাসরি বাহির না করিয়া অন্য কোন যৌগ বা মূলক হিসাবে করা হয়। উদাহরণ স্বরূপ, ক্যালসিয়াম ফসফেট বা সোডা ফসফেট-এর ফসফরাস P_2O_5 হিসাবে নির্ণয় করা হয়।

ক্যালসিয়াম ফসফেটে ফসফরাস পেণ্টোক্সাইডের শতকরা পরিমাণ :—

ক্যালসিয়াম ফসফেটের আণবিক সঙ্কেত $Ca_3(PO_4)_2$।

উহার আণবিক গুরুত্ব $=3\times40+2\times31+4\times16\times2=310$

ক্যালসিয়াম ফসফেটকে $3CaO,P_2O_5$—এইরূপ ভাবে বুঝানো যাইতে পারে। তাহা হইলে ক্যালসিয়াম ফসফেটের একটি অণুতে একটি ফরফরাস পেণ্টোক্সাইড অণু আছে। P_2O_5-এর আণবিক গুরুত্ব $2\times31+5\times16=142$

310 ভাগ ক্যালসিয়াম ফসফেটে 142 ভাগ P_2O_5 বর্তমান

$\therefore$ 100 " " $\dfrac{100\times142}{310}$ " " " $=45{\cdot}8$ ভাগ

$\therefore$ P_2O_5-এর শতকরা মাত্রা $=45{\cdot}8\%$

সোডা ফসফেটে ফসফরাস পেণ্টোক্সাইডের শতকরা পরিমাণ :—

সোডা ফসফেটের আণবিক সঙ্কেত $=Na_2HPO_4 12H_2O$

$\therefore$ " " " গুরুত্ব $=358$

$2(Na_2HPO_4.\ 12H_2O)=Na_4P_2O_7+25\ H_2O$ (তাপ বিযোজনে)

$=2Na_2O,\ P_2O_5+25H_2O$

আবার P_2O_5-এর আণবিক গুরুত্ব $=2\times31+5\times16=142$

2×358 ভাগ সোডা ফসফেটে P_2O_5 আছে 142 ভাগ

$\therefore$ 100 " " " " " $\dfrac{142\times100}{2\times358}=19{\cdot}83$ ভাগ

$\therefore$ P_2O_5-এর শতকরা মাত্রা $=19{\cdot}83\%$

পঞ্চম অধ্যায়

তুল্যাঙ্ক ভার বা যোজন ভার
(Equivalent Weight)

[Syllabus : Equivalent weight. Chemical Methods of determination of equivalent and atomic weights. Dulong and Petit's law, Mitcherlich's law of isomorphism. Calculations involving atomic and equivalent weight ; parallel calculations using mole concept.]

আমরা জানি দুইটি মৌলিক পদার্থ নির্দিষ্ট ওজন অনুপাতে পরস্পর রাসায়নিক ভাবে যুক্ত হইয়া যৌগ সৃষ্টি করে। কি পরিমাণ ওজনে দুইটি মৌলিক পদার্থের রাসায়নিক মিলন ঘটিবে তাহার নির্দেশ মিথোনুপাত সূত্র হইতে পাওয়া যায়। নিম্নে কয়েকটি হাইড্রোজেন যৌগের বিশ্লেষণ ফল দেওয়া হইল।

যৌগ ও উহাদের সঙ্কেত	বিশ্লেষণ ফল—
মিথেন, CH_4	1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সহিত 3 ভাগ ওজনের কার্বন যুক্ত
জল, H_2O	1 " " " " 8 " " অক্সিজেন "
হাইড্রোজেন সালফাইড, H_2S	1 " " " " 16 " " সালফার "
হাইড্রোজেন ক্লোরাইড, HCl	1 " " " " 35·5 " " ক্লোরিন "
হাইড্রোজেন ব্রোমাইড, HBr	1 " " " " 80 " " ব্রোমিন "
সোডিয়াম হাইড্রাইড, NaH	1 " " " " 23 " " সোডিয়াম "
ক্যালসিয়াম হাইড্রাইড, CaH_2	1 " " " " 20 " " ক্যালসিয়াম "

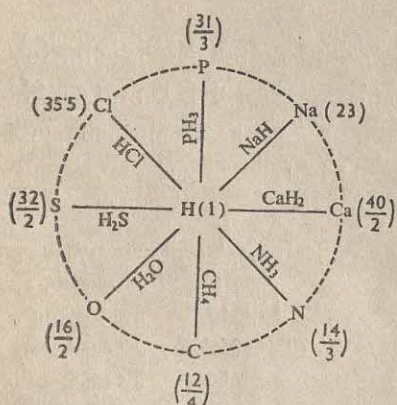
আরও দেখা যায় যে, এই মৌলিক পদার্থগুলি যখন নিজেদের মধ্যে যুক্ত হইয়া যৌগ উৎপন্ন করে তখনও উপরোক্ত ওজন অনুপাতে (অর্থাৎ যত ভাগ 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়) বা উহাদের সরল গুণিতকের অনুপাতে যুক্ত হয়।

নিম্নলিখিত কয়েকটি দ্বি-যৌগিক পদার্থের উপাদান মৌলগুলির ওজন অনুপাত লক্ষ্য করিলেই তাহা পরিষ্কার বুঝা যাইবে।

যৌগ	উপাদান মৌলগুলির ওজনের অনুপাত
কার্বন ডাই অক্সাইডে (CO_2)	কার্বনের ওজন : অক্সিজেনের ওজন = 3 : 8
কার্বন টেট্রাক্লোরাইডে (CCl_4)	কার্বনের ওজন : ক্লোরিনের ওজন = 3 : 35·5
সোডিয়াম ক্লোরাইডে (NaCl)	সোডিয়ামের ওজন : ক্লোরিনের ওজন = 23 : 35·5
ক্যালসিয়াম সালফাইডে (CaS)	ক্যালসিয়ামের ওজন : সালফারের ওজন = 20 : 16

ইহা স্পষ্ট যে উপরিউক্ত মৌলিক পদার্থগুলির প্রত্যেকটি উল্লিখিত ওজনে একদিকে যেমন 1 ভাগ হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া থাকে, অন্যদিকে তাহারা নিজেদের মধ্যে ঐ ওজন অনুপাতে মিলিত হইয়া যৌগ গঠন করে। দেখা যায়, 3 ভাগ ওজনের কার্বন, 35·5 ভাগ ওজনের ক্লোরিন, 23 ভাগ ওজনের সোডিয়াম,

20 ভাগ ওজনের ক্যালসিয়াম, 10·33 ভাগ ওজনের ফসফরাস, 4·67 ভাগ ওজনের নাইট্রোজেন, 16 ভাগ ওজনের সালফার—ইহাদের যোজন ক্ষমতা একই। এইজন্য ওজনের এই সংখ্যাগুলিকে যথাক্রমে উক্ত মৌলিক পদার্থগুলির তুল্যাঙ্ক ভার বা **যোজন ভার বা রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক** বলা হয়। চিত্র ১ (১৮) হইতে ইহা বুঝিতে সুবিধা হইবে।

একই ভাবে বিভিন্ন অক্সাইড যৌগ এবং ক্লোরাইড যৌগ বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায়, 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন, 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন, 35·5 ভাগ ওজনের ক্লোরিন, 32·65 ভাগ ওজনের জিঙ্ক, 9 ভাগ ওজনের অ্যালুমিনিয়াম ও 23 ভাগ ওজনের সোডিয়ামের সহিত মিলিত হয়। অতএব নির্দিষ্ট 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন বা 35·5 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সহিত অন্য মৌলিক পদার্থ যে ওজন অনুপাতে যুক্ত হয় সেই ওজন সংখ্যাও মৌলগুলির তুল্যাঙ্ক ভার।

চিত্র ১ (১৮) তুল্যাঙ্ক ভার

শুধু যুক্ত হওয়ার ক্ষেত্রেই নয়, বিভিন্ন মৌলের যোজনভার নির্দেশক ওজন সংখ্যাগুলি ঐ ওজনের হাইড্রোজেন, অক্সিজেন বা ক্লোরিনকে উহাদের যৌগ হইতে প্রতিস্থাপিত করিতে পারে।

দুইটি মৌল একাধিক যৌগ গঠনে সক্ষম হইলে মৌলগুলি তাহাদের তুল্যাঙ্ক ভার বা উহাদের কোন সরল গুণিতকের অনুপাতে যুক্ত হইতে দেখা যায়।

যেমন কার্বন (তুল্যাঙ্ক ভার 3) এবং অক্সিজেন (তুল্যাঙ্ক ভার 8) সংযোগে দুইটি ভিন্ন যৌগ গঠিত হয়।

যথা, কার্বন ডাই-অক্সাইডে (CO_2) অক্সিজেনের ওজন : কার্বনের ওজন = 8 : 3

কার্বন মনোক্সাইডে (CO) অক্সিজেনের ওজন : কার্বনের ওজন = 8 : 6

আবার, সোডিয়াম (তুল্যাঙ্ক ভার 23) এবং অক্সিজেন (তুল্যাঙ্ক ভার 8) পারস্পরিক মিলনে দুইটি ভিন্ন যৌগ উৎপন্ন করে। যেমন—

সোডিয়াম মনোক্সাইডে (Na_2O) অক্সিজেনের ওজন : সোডিয়ামের ওজন = 8 : 23

সোডিয়াম পার-অক্সাইডে (Na_2O_2) অক্সিজেনের ওজন : সোডিয়ামের ওজন = 8 : 11·5

উপরিউক্ত যৌগগুলিতে উপাদান মৌলগুলি তাহাদের তুল্যাঙ্কভার বা উহাদের কোন সরল গুণিতকের অনুপাতে যুক্ত আছে।

অতএব যৌগ গঠনে মৌলিক পদার্থগুলি সর্বদাই উহাদের নিজ নিজ তুল্যাঙ্ক ভার

বা উহাদের কোন সরল গুণিতকের অনুপাতে মিলিত হইয়া থাকে—ইহাই **তুল্যাঙ্ক অনুপাত সূত্র** (law of equivalent proportion)।

দ্বিতীয় অধ্যায়ে রাসায়নিক সংযোগ সূত্র হিসাবে যে মিথোনুপাত সূত্রের আলোচনা করা হইয়াছে প্রকৃতপক্ষে ইহা তুল্যাঙ্ক সূত্রের একটি প্রকারভেদ মাত্র।

দেখা যাইতেছে, তুল্যাঙ্ক ভার একটি পরিমাণ জ্ঞাপক সংখ্যা যাহা রাসায়নিক পরীক্ষা দ্বারা স্থিরীকৃত হয়। সুতরাং কোন মৌলের তুল্যাঙ্কভার প্রকাশ করিতে একটি প্রমাণ বস্তু (standard of reference) প্রয়োজন। প্রথমে ডালটন হাইড্রোজেনের এক ভাগ ওজনকেই অপরাপর মৌলের তুল্যাঙ্ক ভারের তুলনা করিতে প্রমাণ বস্তু হিসাবে গ্রহণ করিয়াছিলেন। কিন্তু দেখা গেল অনেক মৌলই (বিশেষতঃ ধাতব মৌলগুলি) হাইড্রোজেনের সহিত স্থায়ী যৌগ গঠন করিতে অক্ষম। সেইজন্য পরে রসায়ন বিজ্ঞানীরা অক্সিজেনকেই প্রমাণ বস্তু হিসাবে গণ্য করার সিদ্ধান্ত নেন। বর্তমানে অক্সিজেনের 8·00 ভাগ ওজনকেই প্রমাণ বস্তু হিসাবে গ্রহণ করা হইয়াছে এবং এই হিসাবে হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার যথাক্রমে 1·008 এবং 35·46. এমন অনেক মৌল জানা আছে যাহারা সহজেই বিশুদ্ধ ক্লোরাইড যৌগ গঠন করিতে পারে। সেইজন্য অনেক ক্ষেত্রে ক্লোরিনের 35·46 ভাগ ওজনকেও প্রমাণ বস্তু হিসাবে ধরা হইয়া থাকে।

তুল্যাঙ্ক ভার বা যোজন ভার বা রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক (Equivalent weight or combining weight or chemical equivalent):

কোন মৌলের যত ভাগ ওজন 8·0 ভাগ পরিমাণ ওজনের অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয় বা কোন যৌগ হইতে ঐ পরিমাণ অক্সিজেন প্রতিস্থাপিত করে তাহাই ঐ মৌলের তুল্যাঙ্ক ভার। তবে পূর্বোক্ত আলোচনার পরিপ্রেক্ষিতে তুল্যাঙ্ক ভারের সম্পূর্ণ সংজ্ঞা নিম্নরূপ:

কোন মৌলের যত ভাগ ওজন 1·008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন, 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন বা 35·46 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত হয় অথবা ঐ পরিমাণ হাইড্রোজেন, অক্সিজেন বা ক্লোরিন কোন যৌগ হইতে প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে অপসারিত বা প্রতিস্থাপিত করে, তত ভাগ ওজনের সংখ্যাকে ঐ মৌলের তুল্যাঙ্ক ভার বা তুল্যাঙ্ক বলা হয়।

অর্থাৎ

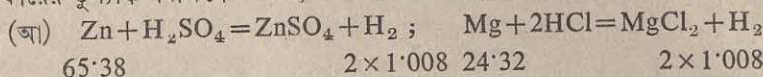
$$\text{তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{মৌলের ওজন} \times 1\cdot008}{\text{সংযুক্ত বা প্রতিস্থাপিত হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

$$\text{বা } \frac{\text{মৌলের ওজন} \times 8\cdot0}{\text{সংযুক্ত বা প্রতিস্থাপিত অক্সিজেনের ওজন}}$$

$$\text{বা } \frac{\text{মৌলের ওজন} \times 35\cdot46}{\text{সংযুক্ত বা প্রতিস্থাপিত ক্লোরিনের ওজন}}$$

তুল্যাঙ্ক ভার বিভিন্ন মৌলের পারস্পরিক সংযোগে উহাদের ওজনের একটি তুলনামূলক সংখ্যা মাত্র। সেইজন্য ইহার কোন **একক** থাকে না।

উদাহরণ : (অ) সোডিয়াম হাইড্রাইড (NaH), হাইড্রোজেন ব্রোমাইড (HBr) এবং হাইড্রোজেন সালফাইড যৌগ বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায় 1·008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন, 22·99 ভাগ ওজনের সোডিয়াম, 79·916 ভাগ ওজনের ব্রোমিন এবং 16 ভাগ ওজনের সালফারের সহিত সংযুক্ত। স্থতরাং সোডিয়াম, ব্রোমিন এবং সালফারের তুল্যাঙ্ক যথাক্রমে 22·99, 79·916 এবং 16।

(আ) $\underset{65\cdot38}{Zn} + H_2SO_4 = ZnSO_4 + \underset{2\times1\cdot008}{H_2}$; $\underset{24\cdot32}{Mg} + 2HCl = MgCl_2 + \underset{2\times1\cdot008}{H_2}$

উপরের দুইটি সমীকরণ হইতে দেখা যায়, জিঙ্ক এবং ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্ক যথাক্রমে 32·69 এবং 12·16.

(ই) ক্যালসিয়াম অক্সাইড (CaO) এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডে (CO_2) 16 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সহিত 40·08 ভাগ ওজনের ক্যালসিয়াম এবং 32 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সহিত 12 ভাগ ওজনের কার্বন সংযুক্ত। ∴ 8 ভাগ অক্সিজেনের সহিত 20·04 ভাগ ওজনের ক্যালসিয়াম এবং 3 ভাগ ওজনের কার্বন যুক্ত আছে। স্থতরাং ক্যালসিয়াম ও কার্বনের তুল্যাঙ্ক যথাক্রমে 20·04 এবং 3।

(ঈ) অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডে ($AlCl_3$), 3×35·46 ভাগ ওজনের ক্লোরিন যুক্ত আছে 26·96 ভাগ ওজনের অ্যালুমিনিয়ামের সহিত। স্থতরাং অ্যালুমিনিয়ামের তুল্যাঙ্কভার = 8·99।

গ্রাম তুল্যাঙ্ক : (Gram equivalent) : **তুল্যাঙ্ক ভারকে গ্রামে প্রকাশ করিলে তাহাকে গ্রাম-তুল্যাঙ্ক বলা হয়।** যেমন, সোডিয়াম, ক্লোরিন এবং ব্রোমিনের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক যথাক্রমে 22·99 গ্রাম, 35·46 গ্রাম এবং 79·916 গ্রাম।

মূলকের তুল্যাঙ্ক ভার (Equivalent weight of a radical) : কোন মূলকের যতভাগ ওজন 1·008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন বা অন্য কোন মৌল বা মূলকের তুল্যাঙ্ক ভারের সহিত যুক্ত থাকে তাহাই মূলকের তুল্যাঙ্ক ভার।

দেখা যায় নাইট্রিক অ্যাসিডে (HNO_3) 1·008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন (14·008+48) বা 62·008 ভাগ ওজনের নাইট্রেট (NO_3) মূলকের সহিত যুক্ত। ∴ NO_3 মূলকের তুল্যাঙ্ক = 62·008. সোডিয়াম কার্বনেটে (Na_2CO_3). 2×22·99 ভাগ ওজনের সোডিয়াম (12·01+48) বা 60·01 ভাগ ওজনের কার্বনেট (CO) মূলকের সহিত যুক্ত। ∴ 22·99 ভাগ ওজনের সোডিয়ামের (সোডিয়ামের তুল্যাঙ্ক ভার) সহিত 30·005 ভাগ ওজনের কার্বনেট মূলক যুক্ত। ∴ কার্বনেটের তুল্যাঙ্ক = 30·005।

যৌগিক পদার্থের তুল্যাঙ্ক ভার (Equivalent weight of a compound) : যে সকল মৌল বা মূলক সমন্বয়ে যৌগটি গঠিত সেই সকল মৌল বা মূলকের তুল্যাঙ্ক ভারের যোগফলই যৌগটির তুল্যাঙ্ক ভার। যেমন,

যৌগ	উপাদান সমূহের তুল্যাঙ্ক ভার	যৌগের তুল্যাঙ্ক ভার
H_2SO_4	$H-1{\cdot}008$; SO_4-48	49·008
$AgNO_3$	$Ag-107{\cdot}88$; $NO_3-62{\cdot}008$	169·888
$AlCl_3$	$Al-8{\cdot}99$; $Cl-35{\cdot}46$	44·45

এই বিষয়ে পরবর্তী অধ্যায়ে আবার আলোচনা করা হইবে।

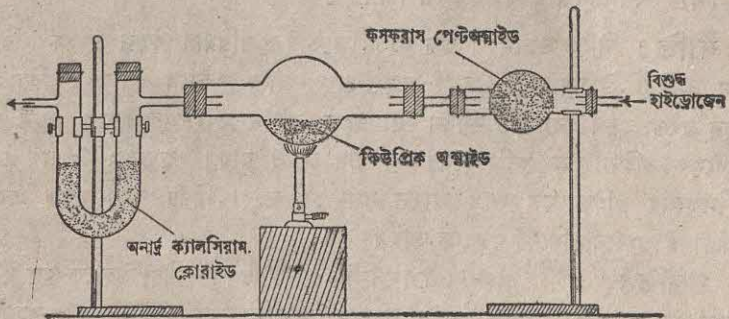
মৌলের তুল্যাঙ্ক ভার নির্ণয়ে রাসায়নিক পদ্ধতি ঃ অধাতু ও ধাতু উভয় শ্রেণীর মৌলের তুল্যাঙ্ক নিরূপণে যে সকল রাসায়নিক পদ্ধতি ব্যবহৃত হয় তাহা উদাহরণ সহ নীচে দেওয়া হইল।

অধাতুর তুল্যাঙ্ক ভার নির্ণয়

(ক) **অক্সিজেনের তুল্যাঙ্ক ভার নির্ণয় ঃ** (সরাসরি হাইড্রোজেনের সহিত সংযোগে—ডুমার প্রণালী)

নীতি ঃ এই প্রণালীতে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাসকে উত্তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইডের উপর দিয়া চালনা করিলে হাইড্রোজেন কিউপ্রিক অক্সাইডের অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া জল গঠন করে এবং কিউপ্রিক অক্সাইড ধাতব কপারে পরিণত হয়। $CuO+H_2=Cu+H_2O$.

কি পরিমাণ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন রাসায়নিক ভাবে মিলিত হইয়া জল উৎপন্ন করিয়াছে তাহা উৎপন্ন জলের ওজন এবং কিউপ্রিক অক্সাইডের ওজন হ্রাস হইতে জানা যায়। ∴ 1·008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সহিত যতভাগ ওজনের অক্সিজেন যুক্ত হয়, তাহাই অক্সিজেনের নির্ণেয় তুল্যাঙ্ক ভার।

পদ্ধতি ঃ মধ্যভাগে বালবযুক্ত একটি শক্ত কাচের দহন নলে কিছু বিশুদ্ধ ও শুষ্ক কালো কিউপ্রিক অক্সাইড লইয়া উহার ওজন লওয়া হয়। অতঃপর অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ একটি U-নলের ওজন লইয়া উহা দহন নলের একপ্রান্তে রবার কর্কের

চিত্র ১(১৯)—অক্সিজেনের তুল্যাঙ্ক নির্ণয়

মাধ্যমে যুক্ত করিতে হয়। U-নলের অপর প্রান্তে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ অপর একটি গার্ড টিউব সংযুক্ত করা দরকার (চিত্রে দেখানো হয় নাই) যাহাতে

বাহিরের জলীয় বাষ্প U-নলে প্রবেশ না করে। দহন-নলের অপরপ্রান্ত দিয়া বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাস দহন-নলের মধ্য দিয়া চালনা করিয়া নলমধ্যস্থ বায়ু সম্পূর্ণ অপসারিত করা হয়। হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা অব্যাহত রাখিয়া দহন-নলটি উত্তপ্ত করিতে হয়। উচ্চ তাপাঙ্কে হাইড্রোজেন ও কিউপ্রিক অক্সাইড বিক্রিয়া করিয়া ধাতব কপার এবং জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে। জলীয় বাষ্প হাইড্রোজেন গ্যাস দ্বারা চালিত হইয়া U-নলের ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্বারা শোষিত হয়। সমস্ত কিউপ্রিক অক্সাইড লাল কপারে রূপান্তরিত হইলে উত্তাপ দেওয়া বন্ধ করিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহে দহন নলটি ঠাণ্ডা করিতে হয়। সাধারণ তাপমাত্রায় শীতল হইলে দহন-নল এবং U-নলটি খুলিয়া পৃথক ভাবে ওজন লওয়া হয়। দহন-নলের ওজন হ্রাস হইতে অক্সিজেনের ওজন এবং U-নলের ওজন-বৃদ্ধি হইতে জলের ওজন জানা যায়।

গণনা ঃ মনে করি, পরীক্ষার পূর্বে দহন-নল ও কিউপ্রিক অক্সাইডের ওজন $= W$ গ্রাম।

" পরে " " কপারের " $= W_1$ "

$\therefore$ অক্সিজেনের ওজন $= (W - W_1)$ গ্রাম

পরীক্ষার পূর্বে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ U-নলের ওজন $= W_2$ গ্রাম।

" পরে " " " " $= W_3$ গ্রাম।

$\therefore$ উৎপন্ন জলের ওজন $= (W_3 - W_2)$ গ্রাম

$\therefore$ যুক্ত হাইড্রোজেনের ওজন $= (W_3 - W_2) - (W - W_1)$ গ্রাম।

$=$ মনে করি, x গ্রাম

$\therefore$ x গ্রাম হাইড্রোজেন যুক্ত হয় $(W - W_1)$ গ্রাম অক্সিজেনের সহিত

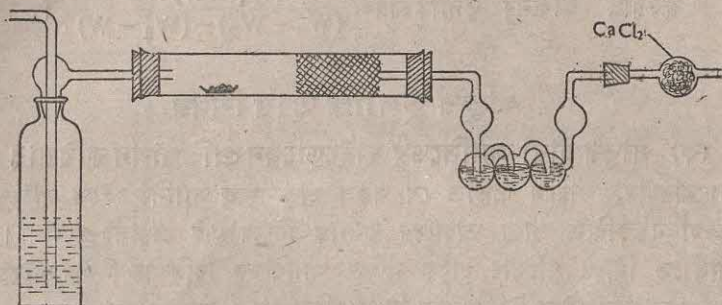
$\therefore$ 1·008 গ্রাম " " " $\dfrac{(W - W_1) \times 1{\cdot}008}{x}$ গ্রাম অক্সিজেনের সহিত

$$\therefore \text{ অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার} = \frac{(W - W_1) \times 1{\cdot}008}{(W_3 - W_2) - (W - W_1)}$$

(খ) কার্বনের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় ঃ

নীতি ঃ নির্দিষ্ট ওজনের বিশুদ্ধ কার্বন অতিরিক্ত পরিমাণ বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অক্সিজেনে দহন করিয়া উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডকে কষ্টিক পটাসে শোষণ করিয়া উহার ওজন লওয়া হয়। ব্যবহৃত কার্বন ও উদ্ভূত কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন হইতে কার্বনের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের পরিমাণ জানা যায়। সুতরাং 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সহিত যত ভাগ কার্বন যুক্ত হয় তাহা নির্ণয় করা সহজ এবং এই পরিমাণই কার্বনের নির্ণেয় তুল্যাঙ্ক ভার।

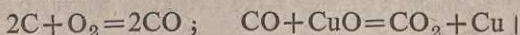
পদ্ধতি ঃ একটি পরিষ্কার পোর্সেলিন বোট ওজন করিয়া উহাতে স্বল্প পরিমাণ বিশুদ্ধ কার্বন (শর্করা অঙ্গার) লইয়া পুনরায় ওজন করা হয়। এখন কার্বন সহ বোটটি একটি উভয় প্রান্ত খোলা কাচের শুষ্ক দহন-নলের মধ্যে রাখা হয়। কাচনলের এক প্রান্ত হইতে আরম্ভ করিয়া প্রায় অর্ধেক পর্যন্ত শুষ্ক কিউপ্রিক-অক্সাইড দ্বারা পূর্ণ থাকে। কাচনলটির দুই প্রান্তে কর্কের মাধ্যমে দুইটি সরু কাচনল প্রবেশ করানো হয়।

অতঃপর কাচনলের যে প্রান্তে বোটটি রাখা আছে সেই প্রান্ত হইতে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অক্সিজেন গ্যাস নলমধ্যে প্রবাহিত করিয়া নলের অভ্যন্তরস্থ বায়ু অপসারিত করা হয়। দহন নলের অপর প্রান্তে পূর্বে ওজন জানা একটি কষ্টিক পটাস বাল্‌ব জুড়িয়া দেওয়া হয়। বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং জলীয় বাষ্প যাহাতে এই বাল্‌বে প্রবেশ করিতে না পারে সেইজন্য এই বাল্‌বের সঙ্গে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড-পূর্ণ একটি U-নল এবং সোডা লাইম পূর্ণ একটি গার্ড টিউব যুক্ত থাকে।

চিত্র ১(২০)—কার্বনের তুল্যাঙ্ক ভার নির্ণয়

অক্সিজেন প্রবাহ অব্যাহত রাখিয়া দহন-নলটি অতঃপর একটি চুল্লীর মধ্যে রাখা হয় এবং কপার অক্সাইডের দিক হইতে উত্তপ্ত করিতে আরম্ভ করিয়া পরে সমান ভাবে দহন-নলটি উত্তপ্ত করিতে হয়। (দহন-নলের দুই প্রান্ত যেন চুল্লীর বাহিরে থাকে।)

উচ্চ তাপাঙ্কে কার্বন ও অক্সিজেন সংযুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় এবং উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড অক্সিজেন প্রবাহে চালিত হইয়া পটাস বাল্‌বে শোষিত হয়। $C+O_2=CO_2$

অক্সিজেনের স্বল্পতা হেতু যদি কিছু কার্বন মনোক্সাইড গঠিত হয় তবে তাহা তপ্ত কপার অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইডে রূপান্তরিত হয়।

$2C+O_2=2CO$; $CO+CuO=CO_2+Cu$।

বিক্রিয়াশেষে অর্থাৎ কার্বন সম্পূর্ণ দগ্ধ হইলে উত্তাপ দেওয়া বন্ধ করিয়া যতক্ষণ পর্যন্ত দহন-নলটি ঘরের তাপমাত্রায় ঠাণ্ডা না হয় ততক্ষণ অক্সিজেন প্রবাহ চালনা করা হয়।

অতঃপর সাবধানে কষ্টিক পটাস বাল্‌বের ওজন লওয়া হয়।

গণনা ঃ মনে করি, পোর্সিলেন বোটের ওজন $=W$ গ্রাম।

পরীক্ষার পূর্বে কার্বন সহ পোর্সিলেন বোটের ওজন $=W_1$ গ্রাম

∴ কার্বনের ওজন $=(W_1-W)$ গ্রাম

পরীক্ষার পূর্বে পটাস বালবের ওজন $=W_2$ গ্রাম

" পরে " " " $=W_3$ গ্রাম

∴ উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন $=(W_3-W_2)$ গ্রাম এবং অক্সিজেনের

ওজন=কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন − কার্বনের ওজন=$\{(W_3-W_2)-(W_1-W)\}$ গ্রাম।

$\therefore$ $\{(W_3-W_2)-(W_1-W)\}$ গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় (W_1-W) গ্রাম কার্বনের সহিত

$\therefore$ 8 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় $\dfrac{(W_1-W)\times 8}{(W_3-W_2)-(W_1-W)}$ গ্রাম কার্বনের সহিত

$$\text{সুতরাং, কার্বনের তুল্যাঙ্কভার}=\frac{(W_1-W)\times 8}{(W_3-W_2)-(W_1-W)}\text{।}$$

ধাতুর তুল্যাঙ্ক ভার নির্ণয়

(ক) ধাতুর দ্বারা অ্যাসিডের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করিয়া ঃ জিঙ্ক, ম্যাগনেসিয়াম, আয়রন প্রভৃতি যে সকল ধাতু সহজে অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করিতে পারে তাহাদের তুল্যাঙ্ক নির্ণয়ে এই প্রণালী প্রযোজ্য। এই প্রণালীতে নির্দিষ্ট পরিমাণ ধাতুর সহিত অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় নির্গত হাইড্রোজেন গ্যাসের আয়তন হইতে উহার ওজন নির্ণয় করিয়া ধাতুর তুল্যাঙ্ক জানা হয়। সংজ্ঞা অনুসারে,

$$\text{ধাতুর তুল্যাঙ্ক}=\frac{\text{ধাতুর ওজন}\times 1\cdot008}{\text{প্রতিস্থাপিত হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

মনে রাখা দরকার প্রতিস্থাপিত হাইড্রোজেনের ওজন প্রত্যক্ষভাবে মাপা যায় না। সুতরাং নির্গত হাইড্রোজেনের আয়তন হইতে নিম্নলিখিত ভাবে অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের প্রয়োগে উহার ওজন জানিয়া লইতে হয়।

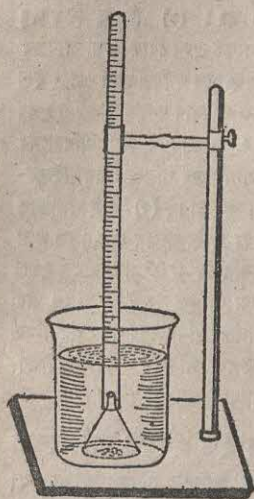
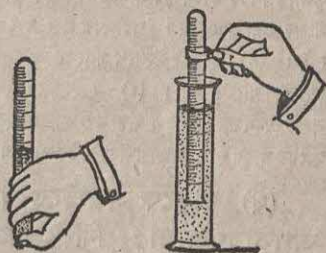
প্রথমতঃ প্রতিস্থাপিত হাইড্রোজেনের আয়তন ml এ নির্ণয় করিয়া উহাকে প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় পরিবর্তিত করিতে হইবে। দ্বিতীয়তঃ N.T.P. তে যে আয়তন পাওয়া যাইবে তাহা 0·000089 (অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে 1 ml হাইড্রোজেনের ওজন প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 0·000089 গ্রাম) দ্বারা গুণ করিতে হইবে।

$\therefore$ গ্রামে হাইড্রোজেনের ওজন=প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় ml তে হাইড্রোজেনের আয়তন × 0·000089

জিঙ্কের তুল্যাঙ্ক ভার নির্ণয় ঃ একটি ওয়াচ গ্লাসে নির্দিষ্ট ওজনের খানিকটা বিশুদ্ধ জিঙ্ক (প্রায় 0·08 গ্রাম) রাখিয়া উহা একটি জলপূর্ণ বীকারে লওয়া হয়। জিঙ্ক সমেত ওয়াচ গ্লাসটি একটি ফানেল দিয়া এমন ভাবে ঢাকিয়া দিতে হয় যাহাতে ফানেলের নলটি সম্পূর্ণ ভাবে জলের তলায় থাকে। অতঃপর জলপূর্ণ একটি একমুখ বন্ধ অংশাঙ্কিত নল সাবধানে আঙুল দ্বারা বন্ধ করিয়া ফানেলের উপর বসানো হয়। ফানেলের সম্পূর্ণ নলটি অবশ্যই অংশাঙ্কিত নলের মধ্যে থাকিবে। এই অবস্থায় অংশাঙ্কিত নলটি ক্ল্যাম্পের সাহায্যে একটি স্ট্যাণ্ডের সঙ্গে আটাকানো হয়।

বীকারে সামান্য গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া কাচদণ্ড দ্বারা নাড়িয়া দিতে হয়। বীকারে কয়েক ফোঁটা কপার সালফেট দ্রবণ মিশানো হয়। এখন অ্যাসিড লঘু অবস্থায় জিঙ্কের সংস্পর্শে আসে এবং তৎক্ষণাৎ অ্যাসিড ও ধাতুর

বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন বুদ্‌বুদ্ আকারে বাহির হইয়া জলের অপসারণ দ্বারা অংশাঙ্কিত নলে সঞ্চিত হইতে থাকে। সমস্ত জিঙ্ক দ্রবীভূত হইয়া গেলে এবং হাইড্রোজেন নির্গমন বন্ধ হইলে (প্রয়োজন বোধে আরো অ্যাসিড যোগ করিয়া) বুঝিতে হইবে বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হইয়াছে। এই অবস্থায় অংশাঙ্কিত নলের খোলা মুখটি তরলের নীচেই আঙুল দ্বারা বন্ধ করিয়া সাবধানে বাহিরে আনা হয় এবং অপর একটি জলপূর্ণ পাত্রে স্থানান্তরিত করা হয়। একখণ্ড ভাঁজ করা কাগজ দ্বারা নলটিকে জড়াইয়া একটু উপর নাচ করার পর খাড়াভাবে কিছুক্ষণ ধরিয়া রাখিতে হয় যাহাতে নলের ভিতরের জল এবং বাহিরে জলপাত্রের জলের তল একই থাকে

চিত্র ১ (২১)—জিঙ্কের তুল্যাঙ্ক ভার নিরূপণ

চিত্র ১ (২২)

অর্থাৎ হাইড্রোজেন গ্যাসের চাপ পরীক্ষাগারের তাপমাত্রায় বায়ুচাপের সমান হয়। এই অবস্থায় হাইড্রোজেনের সঠিক আয়তন স্থির করা হয়।

গণনা : মনে করি, ব্যবহৃত জিঙ্কের ওজন=w গ্রাম এবং সঞ্চিত হাইড্রোজেনের আয়তন=V ml. পরীক্ষাকালীন তাপমাত্রা $t^\circ C$ এবং বায়ুচাপ=P মিলিমিটার।

$t^\circ C$ উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ=f মিলিমিটার

∴ শুষ্ক হাইড্রোজেনে প্রকৃত চাপ=(P − f) মিলিমিটার

(জলের উপর সংগৃহীত হাইড্রোজেন গ্যাস আর্দ্র এবং প্রকৃতপক্ষে তৎকালীন বায়ুমণ্ডলের চাপ=হাইড্রোজেন এবং জলীয় বাষ্পের মিলিত চাপ।)

এখন প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় V ml. হাইড্রোজেনের আয়তন যদি V_0 ml. হয়, তবে বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত গ্যাস সূত্রানুসারে,

$$\frac{(P-f)\times V}{t+273}=\frac{V_0\times 760}{273} \text{ বা } V_0=\frac{(P-f)\times V\times 273}{(t+273)\times 760} \text{ ml.}$$

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পমতে প্রমাণ অবস্থায় 1 ml. হাইড্রোজেনের ওজন=0·000089 গ্রাম

∴ V_0 ml হাইড্রোজেনের ওজন=$V_0 \times 0{\cdot}000089$ গ্রাম=w গ্রাম জিঙ্ক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হাইড্রোজেনের ওজন।

$$\therefore \text{ জিঙ্কের তুল্যাঙ্কভার} = \frac{w \times 1{\cdot}008}{V_0 \times 0{\cdot}000089} \text{ বা } \frac{w \times 1{\cdot}008 \times (t+273) \times 760}{(P-f) \times V \times 273 \times 0{\cdot}000089}$$

এই গণনা সম্পূর্ণভাবে বয়েল ও চার্লসের গ্যাস সমীকরণের এবং ডালটনের অংশ প্রেষ সূত্রের উপর নির্ভরশীল। অষ্টম অধ্যায়ে এই বিষয়ে বিস্তারিত আলোচনা করা হইয়াছে।

এই পদ্ধতিতে তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কালে কয়েকটি বিষয়ে অবহিত হইতে হয়: (১) বিশুদ্ধ জিঙ্ক লঘু অ্যাসিডের সহিত প্রকৃতপক্ষে ক্রিয়া করে না বলিয়া কয়েক ফোঁটা কপার সালফেট দ্রবণ যোগ করা আবশ্যক হয়। ইহাতে অতি সামান্য পরিমাণ জিঙ্ক কপার সালফেট হইতে কপার প্রতিস্থাপনে ব্যয়িত হয়। তবে ইহা এত নগণ্য যে ইহা গণনার ব্যাঘাত ঘটায় না। তবে মনে রাখা দরকার অধিক পরিমাণ কপার সালফেট দ্রবণ যোগ করা পরীক্ষার ফলের পক্ষে ক্ষতিকর। (২) এই পদ্ধতি ম্যাগনেসিয়াম, আয়রন ও অ্যালুমিনিয়ামের তুল্যাঙ্ক নির্ণয়েও প্রযোজ্য হয়। অ্যালুমিনিয়ামের ক্ষেত্রে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়। এখানে কপার সালফেট দ্রবণ যোগ করা হয় না। (৩) এই পদ্ধতিতে তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কালে খুব সামান্য পরিমাণ ধাতু লওয়া প্রয়োজন যাহাতে উৎপন্ন হাইড্রোজেন অংশাঙ্কিত নলে সংগ্রহ করা সহজ হয়। পরীক্ষার জন্য ব্যবহৃত জিঙ্ক 0·1 গ্রাম এবং ম্যাগনেসিয়াম 0·05 গ্রামের কম হওয়া চাই। (৪) হাতের উত্তাপে গ্যাসের আয়তন বৃদ্ধি যাহাতে না হয় সেইজন্য অংশাঙ্কিত নলটি কাগজখণ্ড দ্বারা জড়াইয়া ধরিতে হয়। (৫) হাইড্রোজেন গ্যাস সংগ্রহের পর অন্য জলপাত্রে স্থানান্তরের সময় অংশাঙ্কিত নলটি এমনভাবে আঙ্গুল দ্বারা বন্ধ করিতে হয় যাহাতে বাহিরের বায়ু ইহাতে প্রবেশ না করে। (৬) পরীক্ষাগারের বায়ুর চাপ ও তাপমাত্রা সঠিকভাবে ব্যারোমিটার এবং থার্মোমিটার সাহায্যে জানিতে হইবে।

(খ) ধাতুকে অক্সাইডে পরিণত করিয়া বা অক্সাইড হইতে অক্সিজেন অপসারণ দ্বারা: নির্দিষ্ট ওজনের ধাতুকে প্রত্যক্ষভাবে অক্সিজেনে উত্তপ্ত করিয়া বা পরোক্ষ ভাবে ধাতুর অক্সাইড উৎপন্ন করিয়া কতভাগ ওজনের ধাতু কতভাগ ওজনের অক্সিজেনের সহিত যুক্ত আছে জানা হয় এবং 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সহিত কত ভাগ ওজনের ধাতু যুক্ত থাকে গণনা করিয়াই ধাতুর তুল্যাঙ্ক নির্ণয় করা হয়।

(অ) **ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্ক নির্ণয়:** ঢাকনা সমেত একটি পরিষ্কার শুষ্ক পোর্সেলিন মুচির (crucible) স্থির ওজন লইয়া ইহাতে এক টুকরা বিশুদ্ধ ম্যাগনেসিয়ামের ফিতা ঢুকাইয়া আবার মুচিটির ওজন লওয়া হয়। মুচিটি একটি তেপায়ার উপর স্থাপিত চীনামাটির ত্রিকোণের উপর বসাইয়া সাবধানে প্রথমে ধীরে ধীরে এবং পরে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিতে হয়। ঢাক্‌নাটি এমন ভাবে মুচিতে বসানো দরকার যাহাতে বাহিরের বাতাস প্রবেশ করিতে পারে কিন্তু উৎপন্ন ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড বাহিরে উবিয়া না যায়। ম্যাগনেসিয়াম সম্পূর্ণ ভাবে পুড়িয়া গেলে মুচিটি শোষকাধারে (desiccator) রাখিয়া ঠাণ্ডা করার পর পুনরায় উহার ওজন লওয়া হয়। এইভাবে পর্যায়ক্রমে উত্তপ্ত করিয়া, ডেসিকেটারে শীতল করিয়া বার বার ওজন লইতে হয় যতক্ষণ না উহার স্থির ওজন পাওয়া যায়।

চিত্র ১ (২৩)

গণনা: মনে করি, ঢাক্‌না সহ খালি মুচির ওজন $= w$ গ্রাম

ঢাক্‌না সহ মুচি + ম্যাগনেসিয়ামের ওজন $= w_1$ গ্রাম

∴ ম্যাগনেসিয়ামের ওজন $= (w_1 - w)$ গ্রাম

আবার ঢাক্‌না সহ মুচি + ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের ওজন $= w_2$ গ্রাম

∴ অক্সাইডে উপস্থিত অক্সিজেনের ওজন $= (w_2 - w_1)$ গ্রাম

$(w_2 - w_1)$ গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত আছে $(w_1 - w)$ গ্রাম ম্যাগনেসিয়ামের সহিত

∴ 8 " " " $\frac{(w_1 - w) \times 8}{(w_2 - w_1)}$ " " "

$$\therefore \text{ ম্যাগনেসিয়ামের তূল্যাঙ্কভার} = \frac{(w_1 - w) \times 8}{(w_2 - w_1)}$$

দ্রষ্টব্য : এই পদ্ধতিটি ত্রুটিপূর্ণ, সেইজন্য ব্যবহারিক ক্ষেত্রে ইহা প্রায় অচল। ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের সঙ্গে কিছুটা ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড উৎপন্ন হয় এবং কিছুটা ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড উত্তপ্ত অবস্থায় উবিয়া যাওয়ার সম্ভাবনা থাকে।

(আ) **কপারের তুল্যাঙ্ক নির্ণয় : নীতি**—নির্দিষ্ট পরিমাণ বিশুদ্ধ কপারকে নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া কপার নাইট্রেটে পরিণত করা হয় এবং পরে তাপ প্রয়োগে কপার নাইট্রেটকে বিযোজিত করিয়া কপার অক্সাইডে রূপান্তরিত করা হয়। কপার ও কপার অক্সাইডের ওজনের পার্থক্য হইতে যুক্ত অক্সিজেনের ওজন পাওয়া যায় এবং 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সহিত কত ভাগ ওজনের কপার যুক্ত হয় গণনা দ্বারা বাহির করা যায়। এই ওজন সংখ্যা কপারের তুল্যাঙ্কভার। যে সকল বিক্রিয়ার উপর পদ্ধতিটি নির্ভর করে তাহা, $Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$; $2Cu(NO_3)_2 = 2CuO + 4NO_2 + O_2$

পদ্ধতি : ঢাক্‌না সমেত একটি পরিষ্কার শুষ্ক পোর্সিলেন মুচির স্থির ওজন লইয়া ইহাতে অল্প পরিমাণ বিশুদ্ধ কপার পাত ঢুকাইয়া পুনরায় ওজন লওয়া হয়। মুচিটিতে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড মিশাইলে কপার দ্রবীভূত হইয়া কপার নাইট্রেটের দ্রবণে পরিণত হয় এবং বাদামী বর্ণের গ্যাস নির্গত হয়। এই বিক্রিয়ার সময় মুচিটিকে ঢাক্‌না দিয়া প্রায় বন্ধ রাখা হয়।

মুচিটিকে অতঃপর জলগাহের উপর বসাইয়া উত্তপ্ত করিলে বাষ্পীভবন ঘটে এবং অবশেষ হিসাবে কঠিন কিউপ্রিক নাইট্রেট পড়িয়া থাকে।

উৎপন্ন নাইট্রেট সহ মুচিটিকে একটি অগ্নিসহ মৃত্তিকার ত্রিকোণের উপর বসাইয়া সরাসরি উত্তপ্ত করিলে সমস্ত নাইট্রেট কালো কপার অক্সাইডে পরিণত হয়। গ্যাস নির্গমন বন্ধ হইলেই বুঝিতে হইবে বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হইয়াছে। অতঃপর মুচিটিকে ডেসিকেটারে রাখিয়া শীতল করিয়া পুনরায় উহার ওজন লওয়া হয়।

এইভাবে পর্যায়ক্রমে উত্তপ্ত করার পর ডেসিকেটারে শীতল করিয়া পুনঃ পুনঃ মুচির ওজন লইতে হয় যতক্ষণ না পর পর দুইটি ওজন সম্পূর্ণ এক হয়।

গণনা : ঢাক্‌নাসহ মুচির ওজন $= w$ গ্রাম

ঢাক্‌নাসহ মুচি + কপারের ওজন $= w_1$ গ্রাম

∴ গৃহীত কপারের ওজন $= (w_1 - w)$ গ্রাম

ঢাক্‌নাসহ মুচি + কপার অক্সাইডের ওজন $= w_2$ গ্রাম

সুতরাং যুক্ত অক্সিজেনের ওজন $=(w_2-w)-(w_1-w)$ গ্রাম

$=(w_2-w_1)$ গ্রাম

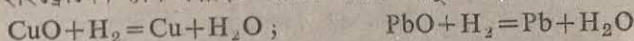
$\therefore$ (w_2-w_1) গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় (w_1-w) গ্রাম কপারের সহিত

$\therefore$ 8 " " " " $\frac{(w_1-w)\times 8}{w_2-w_1}$ " "

সুতরাং, কপারের তুল্যাঙ্ক ভার $=\frac{(w_1-w)\times 8}{w_2-w_1}$

ধাতব অক্সাইড হইতে অক্সিজেন অপসারণ দ্বারা কপার, লেড, আয়রন ইত্যাদি ধাতুর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় :

নীতি : নির্দিষ্ট ওজনের কপার, লেড, আয়রন ইত্যাদি ধাতুর তপ্ত অক্সাইডের মধ্য দিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহিত করিলে অক্সাইড ধাতুতে পরিণত হয়।

$CuO+H_2=Cu+H_2O$; $PbO+H_2=Pb+H_2O$

অক্সাইড ও উৎপন্ন ধাতুর ওজনের পার্থক্য হইতে যুক্ত অক্সিজেনের ওজন এবং ইহা হইতে পূর্বের ন্যায় তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা হয়।

পদ্ধতি : পূর্বে ওজন জানা একটি শুষ্ক পরিষ্কার পোর্সিলেন বোটে সামান্য পরিমাণ কিউপ্রিক অক্সাইড লইয়া বোটের ওজন গ্রহণ করা হয়। অক্সাইড সহ পোর্সিলেন বোটটি একটি দহন নলের মধ্যে রাখিয়া ইহাতে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা করা হয় এবং হাইড্রোজেন প্রবাহে কিউপ্রিক অক্সাইডকে উচ্চতাপাঙ্কে উত্তপ্ত করা হয়। ফলে, হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়ায় কপার অক্সাইড সম্পূর্ণরূপে লাল কপারে রূপান্তরিত হয়। বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হইলে উত্তাপ বন্ধ করিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহ অব্যাহত রাখিতে হয় এবং বোটসহ দহন নল ঘরের তাপমাত্রায় শীতল হইলে পোর্সিলেন বোট বাহির করিয়া আনিয়া ওজন লওয়া হয়।

গণনা : পোর্সিলেন বোটের ওজন $=W$ গ্রাম

পোর্সিলেন বোট+কিউপ্রিক অক্সাইডের ওজন $=W_1$ গ্রাম

$\therefore$ কিউপ্রিক অক্সাইডের ওজন $=(W_1-W)$ গ্রাম

পরীক্ষার পরে পোর্সিলেন বোট+কপারের ওজন $=W_2$ গ্রাম

$\therefore$ কপারের ওজন $=(W_2-W)$ গ্রাম

সুতরাং, যুক্ত অক্সিজেনের ওজন $=(W_1-W)-(W_2-W)=(W_1-W_2)$ গ্রাম

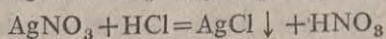
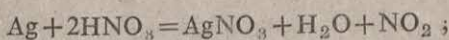
(W_1-W_2) গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় (W_2-W) গ্রাম কপারের সহিত

$\therefore$ 8 " " " " $\frac{(W_2-W)\times 8}{W_1-W_2}$ গ্রাম " "

$\therefore$ কপারের তুল্যাঙ্কভার $\frac{(W_2-W)\times 8}{W_1-W_2}$

(গ) ক্লোরিনের সঙ্গে পরোক্ষ সংযুক্তি বা ধাতব ক্লোরাইড হইতে বিযুক্তি দ্বারা : (অ) সিলভারের তুল্যাঙ্ক নির্ণয় : নির্দিষ্ট ওজনের এক-

টুকরা পরিষ্কার ও বিশুদ্ধ সিলভার একটি বীকারে নাতিগাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিতে হয়। দ্রবণটি যেন সামান্য অম্লধর্মী থাকে। উৎপন্ন সিলভার নাইট্রেট দ্রবণে বিশুদ্ধ লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ফোঁটা ফোঁটা করিয়া মিশাইলে সমস্ত সিলভার সাদা সিলভার ক্লোরাইড রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং বীকারের তলদেশে জমিতে থাকে।

$$Ag + 2HNO_3 = AgNO_3 + H_2O + NO_2 ;$$
$$AgNO_3 + HCl = AgCl \downarrow + HNO_3$$

অধঃক্ষেপ থিতাইয়া গেলে উপরের পরিষ্কার দ্রবণে সামান্য লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড একটি কাচদণ্ডের গা বাহিয়া ঢালিলে যদি উপরের দ্রবণ ঘোলা না হয়, তখন বুঝিতে হইবে সমস্ত সিলভার সিলভার ক্লোরাইডে পরিণত হইয়াছে।

অতঃপর অধঃক্ষিপ্ত সিলভার ক্লোরাইড একটি পূর্বে ওজন জানা ফিলটার কাগজের মধ্য দিয়া পরিস্রুত করা হয় এবং অধঃক্ষেপ প্রথমে অল্প পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিড এবং পরে পাতিত জল দ্বারা ধুইতে হয়। অতঃপর অধঃক্ষেপ সহ ফিল্টার কাগজটি একটি বায়ু চুল্লীতে ক্রমান্বয়ে 100°C এবং 130°C তাপমাত্রায় শুষ্ক করার পর শোষকাধারে রাখিয়া শীতল করিয়া উহার ওজন লইতে হয়। ওজন স্থির না হওয়া পর্যন্ত উত্তপ্ত করা এবং শীতল করা পর্যায়ক্রমে চালাইতে হইবে।

গণনা : মনে করি সিলভারের ওজন = W গ্রাম

সিলভার ক্লোরাইডের ওজন = W_1 গ্রাম

∴ সংযুক্ত ক্লোরিনের ওজন = $(W_1 - W)$ গ্রাম

$(W_1 - W)$ গ্রাম ক্লোরিন যুক্ত আছে W গ্রাম সিলভারের সহিত

∴ 35·46 " " " $\frac{W \times 35{\cdot}46}{W_1 - W}$ গ্রাম সিলভারের সহিত

∴ সিলভারের তুল্যাঙ্কভার = $\frac{W \times 35{\cdot}46}{W_1 - W}$

বিকল্প গণনা : মনে করি, সিলভারের তুল্যাঙ্ক x,

তাহা হইলে সিলভার ক্লোরাইডের তুল্যাঙ্ক = $x + 35{\cdot}46$

1 তুল্যাঙ্ক সিলভার হইতে 1 তুল্যাঙ্ক সিলভার ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়

∴ $\frac{\text{সিলভারের ওজন}}{\text{সিলভার ক্লোরাইডের ওজন}} = \frac{\text{সিলভারের তুল্যাঙ্ক}}{\text{সিলভার ক্লোরাইডের তুল্যাঙ্ক}}$

∴ $\frac{W}{W_1} = \frac{x}{x + 35{\cdot}46}$; এই সমীকরণ হইতে x এর মান নির্ণয় করা যায়।

দ্রষ্টব্য : সিলভারের তুল্যাঙ্ক 107·88 ধরিয়া এই পরীক্ষার সাহায্যে ক্লোরিনের তুল্যাঙ্ক নির্ণয় করা হয়।

(অ) **সোডিয়ামের তুল্যাঙ্ক ভার নির্ণয় :** নির্দিষ্ট ওজনের স্বল্প পরিমাণ বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড একটি বীকারে পাতিত জলে দ্রবীভূত করা হয়। দ্রবণ

খানিকটা লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা অম্লীকৃত করিয়া ইহাতে সিলভার নাইট্রেটের পাতলা দ্রবণ যোগ করা হয়। সিলভার নাইট্রেট মিশানোর সময় কাচদণ্ডের সাহায্যে দ্রবণ নিয়ত আলোড়ন করা দরকার। সিলভার নাইট্রেট সোডিয়াম ক্লোরাইডের সমস্ত ক্লোরিনকে সাদা সিলভার ক্লোরাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত করে যাহা বীকারের তলদেশে থিতাইয়া যায়। $NaCl + AgNO_3 = NaNO_3 + AgCl \downarrow$ ।

উপরের স্বচ্ছ দ্রবণে ২।১ ফোঁটা সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করিলে যদি ঘোলাটে ভাব না আসে তবে বুঝিতে হইবে সিলভার ক্লোরাইড সম্পূর্ণরূপে অধঃক্ষিপ্ত হইয়াছে। অতঃপর পূর্বে ওজন করা ফিলটার কাগজের মধ্য দিয়া সাদা অধঃক্ষেপ পরিস্রুত করা হয় এবং অধঃক্ষেপ পাতিত জলে বার বার ধুইতে হয়। অধঃক্ষেপসহ ফিলটার কাগজ বায়ু-চুল্লীতে 130°C তাপমাত্রায় শুষ্ক করিয়া পরে শোষকাধারে রাখিয়া শীতল করিয়া উহার ওজন লইতে হয়। ওজন স্থির না হওয়া পর্যন্ত উত্তপ্ত করা, শীতল করা ও ওজন লওয়া পর্যায়ক্রমে চালাইতে হয়।

গণনা ঃ সোডিয়াম ক্লোরাইডের ওজন $= W$ গ্রাম

উৎপন্ন সিলভার ক্লোরাইডের ওজন $= W_1$ গ্রাম

$(107{\cdot}88 + 35{\cdot}46)$ বা $143{\cdot}34$ গ্রাম সিলভার ক্লোরাইডে ক্লোরিন আছে $35{\cdot}46$ গ্রাম।

$\therefore$ W_1 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইডে ক্লোরিন আছে $\frac{35{\cdot}46 \times W_1}{143{\cdot}34}$ গ্রাম,

$= W_2$ গ্রাম (মনে করি)

এই পরিমাণ ক্লোরিন W গ্রাম সোডিয়াম ক্লোরাইডে আছে।

$\therefore$ W গ্রাম সোডিয়াম ক্লোরাইডে সোডিয়ামের পরিমাণ $= (W - W_2)$ গ্রাম

W_2 গ্রাম ক্লোরিন যুক্ত আছে $(W - W_2)$ গ্রাম সোডিয়ামের সহিত

$\therefore$ $35{\cdot}46$ „ „ „ „ $\frac{(W - W_2) \times 35{\cdot}46}{W_2}$ গ্রাম „ „

$\therefore$ সোডিয়ামের তুল্যাঙ্কভার $= \frac{(W - W_2) \times 35{\cdot}46}{W_2}$

এই গণনা বিকল্পভাবে এইরূপ ঃ

মনে করি, সোডিয়ামের তুল্যাঙ্ক $= E$,

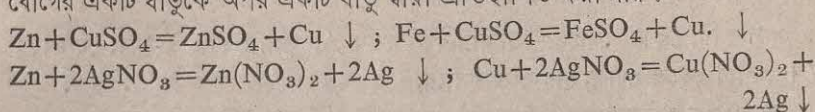
তাহা হইলে, $\frac{\text{গৃহীত সোডিয়াম ক্লোরাইডের ওজন}}{\text{উৎপন্ন সিলভার ক্লোরাইডের ওজন}} = \frac{E + 35{\cdot}457}{107{\cdot}88 + 35{\cdot}457}$

এই প্রক্রিয়ায় পটাসিয়ামেরও তুল্যাঙ্ক নির্ণয় করা হয়।

সোডিয়াম বা পটাসিয়ামকে শুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া কঠিন। তদুপরি এই সব মৌল সহজেই আর্দ্র বায়ুতে বিক্রিয়া ঘটাইয়া জ্বলিয়া উঠে। সেইজন্য এইরূপ পরোক্ষ পদ্ধতি দ্বারা ইহাদের তুল্যাঙ্ক নির্ণয় করা হয়। ক্যালসিয়ামের তুল্যাঙ্ক নির্ণয়েও এই পদ্ধতি প্রযোজ্য।

(ঘ) ধাতুর পারস্পরিক প্রতিস্থাপন দ্বারা : অনেক ক্ষেত্রে কোন ধাতব যৌগের একটি ধাতুকে অপর একটি ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা যায়।

$Zn + CuSO_4 = ZnSO_4 + Cu \downarrow$; $Fe + CuSO_4 = FeSO_4 + Cu. \downarrow$

$Zn + 2AgNO_3 = Zn(NO_3)_2 + 2Ag \downarrow$; $Cu + 2AgNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2Ag \downarrow$

মনে রাখা দরকার উচ্চ তড়িৎ ধনাত্মক (strongly electro positive) ধাতু নিম্ন তড়িৎ ধনাত্মক ধাতুকে উহার যৌগের দ্রবণ হইতে মুক্ত করে। এই বিষয়ে বিস্তারিত আলোচনা সপ্তম অধ্যায়ে করা হইয়াছে।

এই সব ক্ষেত্রে দেখা যায় একটি ধাতু দ্বারা অপর ধাতুর প্রতিস্থাপন উহাদের তুল্যাঙ্কের অনুপাতে ঘটে। সেইজন্য যদি বিক্রিয়ার প্রতিস্থাপনকারী (A) ধাতুর ওজন x গ্রাম হয় এবং প্রতিস্থাপিত (B) ধাতুর ওজন y গ্রাম হয় তবে,

$\frac{x}{y} = \frac{E_A}{E_B}$ (যেখানে E_A, E_B যথাক্রমে A এবং B ধাতুর তুল্যাঙ্ক)

∴ A অথবা B ধাতুর একটির তুল্যাঙ্ক জানা থাকিলে অপরটি এই পদ্ধতিতে নির্ণয় করা যায়।

জিঙ্কের তুল্যাঙ্ক নির্ণয় : কিছুটা নির্দিষ্ট ওজনের বিশুদ্ধ জিঙ্ক কপার সালফেট দ্রবণে যোগ করা হয়। দেখা যায়, আস্তে আস্তে জিঙ্ক দ্রবীভূত হইয়া দ্রবণের তলায় কপার অধঃক্ষিপ্ত করে। দ্রবণটি সামান্য উত্তপ্ত করিলে জিঙ্ক সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত হয় এবং বিক্রিয়া সম্পূর্ণ করে। অতঃপর অধঃক্ষিপ্ত কপার-চূর্ণ একটি জ্ঞাত ওজনের ফিলটার কাগজের মধ্য দিয়া সাবধানে পরিস্রুত করা হয়। ফিল্টার কাগজের উপরের কপার প্রথমে ঈষৎ উষ্ণ জল দিয়া এবং পরে কয়েকবার অ্যালকোহল দিয়া ধৌত করিতে হয়। এখন ফিল্টার কাগজ সমেত কপারকে বায়ুচুল্লীতে রাখিয়া শুষ্ক করার পর শোষকাধারে শীতল করিয়া সঠিক ওজন লওয়া হয়। তাপ প্রয়োগ, শীতলীকরণ ও ওজন গ্রহণ ক্রমাগত করিতে হয় যাহাতে পর পর দুইটি ওজনের মধ্যে পার্থক্য না থাকে।

গণনা : মনে করি, জিঙ্কের ওজন $= W$ গ্রাম

কপার ও ফিল্টার কাগজের ওজন $= W_1$ গ্রাম

ফিল্টার কাগজের ওজন $= W_2$ গ্রাম

∴ উৎপন্ন কপারের ওজন $= (W_1 - W_2)$ গ্রাম

এখন, কপারের তুল্যাঙ্কভার 31·78 ধরিয়া লইলে

$(W_1 - W_2)$ গ্রাম কপার W গ্রাম জিঙ্ক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়

∴ 31·78 " " $\frac{W \times 31 \cdot 78}{W_1 - W_2}$ গ্রাম জিঙ্ক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়

$$\therefore \text{ জিঙ্কের তুল্যাঙ্কভার} = \frac{31 \cdot 78 \times W}{W_1 - W_2}$$

তুল্যাঙ্কভার ও পারমাণবিক গুরুত্বের সম্পর্ক ঃ একটি মৌলের তুল্যাঙ্কভার ও পারমাণবিক গুরুত্বের সম্পর্ক নিম্নরূপ ঃ

মনে করি, কোন মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব A, তুল্যাঙ্কভার E এবং যোজ্যতা V। তাহা হইলে যোজ্যতার সংজ্ঞানুসারে,

V সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু মৌলের একটি পরমাণুর সহিত যুক্ত হয়।

∴ $V \times 1{\cdot}008$ ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন যুক্ত হয় মৌলের A ভাগ ওজনের সহিত

∴ 1·008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন যুক্ত হয় মৌলের $\frac{A}{V}$ ভাগ ওজনের সহিত।

$$\text{সুতরাং মৌলের তুল্যাঙ্ক ভার } E=\frac{A}{V} \text{ বা } A=E\times V$$

∴ **পারমাণবিক গুরুত্ব = তুল্যাঙ্কভার × যোজ্যতা**

স্পষ্টতই মৌলের যোজ্যতা যদি 1 হয়, অর্থাৎ, এক-যোজী মৌল হয় তবে ঐ মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব ও তুল্যাঙ্কভার একই। সেইজন্য সোডিয়াম, পটাসিয়াম সিলভার, ক্লোরিন, ব্রোমিন প্রভৃতি মৌলের যোজ্যতা 1 বলিয়া উহাদের তুল্যাঙ্কভার এবং পারমাণবিক গুরুত্বে কোন পার্থক্য নাই।

মৌলের যোজ্যতা 2, 3 ইত্যাদি হইলে উহার পারমাণবিক গুরুত্ব তুল্যাঙ্কভারের 2, 3 গুণ হয়। সুতরাং ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ইত্যাদি দ্বি-যোজী মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব উহাদের তুল্যাঙ্কভারের দ্বিগুণ এবং অ্যালুমিনিয়ামের ন্যায় ত্রি-যোজী মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব উহাদের তুল্যাঙ্কভারের তিনগুণ হয়।

প্রসঙ্গত বলা দরকার মৌলের তুল্যাঙ্কভার সবক্ষেত্রে ধ্রুবক নহে অর্থাৎ একই মৌলের একাধিক তুল্যাঙ্কভার থাকিতে পারে। আমরা জানি, মৌলের তুল্যাঙ্কভার $=\frac{\text{পারমাণবিক গুরুত্ব}}{\text{যোজ্যতা}}$। ডালটনের মতবাদ অনুসারে পারমাণবিক গুরুত্ব স্থির।

∴ $E \propto \frac{1}{V}$ অর্থাৎ মৌলের তুল্যাঙ্কভার উহার যোজ্যতার ব্যস্তানুপাতী। সুতরাং মৌলের একাধিক যোজ্যতা থাকিলে উহার তুল্যাঙ্কভার একাধিক হইতে বাধ্য।

যেমন, কিউপ্রাস অক্সাইড (Cu_2O) এবং কিউপ্রিক অক্সাইডে (CuO) কপারের যোজ্যতা যথাক্রমে 1 এবং 2। কপারের পারমাণবিক গুরুত্ব = 63·57

$$\text{সুতরাং কপার (আস্)-এর তুল্যাঙ্ক ভার} = \frac{63{\cdot}57}{1} = 63{\cdot}57$$

$$\text{এবং কপার (ইক্) এর} \quad \text{,,} \quad \text{,,} = \frac{63{\cdot}57}{2} = 31{\cdot}78$$

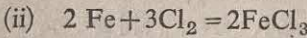
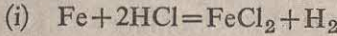
একই ভাবে ফেরাস ক্লোরাইড ($FeCl_2$) এবং ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3$) যৌগে আয়রনের যোজ্যতা যথাক্রমে 2 এবং 3 এবং আয়রনের পারমাণবিক গুরুত্ব = 55·85.

সুতরাং, আয়রন (আস্) এর তুল্যাঙ্ক ভার $=\frac{55{\cdot}85}{2}=27{\cdot}925$

এবং আয়রন (ইক্) এর „ „ $=\frac{55{\cdot}85}{3}=18{\cdot}616$

পক্ষান্তরে বলা যায়—কোন মৌলের তুল্যাঙ্কভার মৌলটি বিক্রিয়ায় যে ভাবে অংশ গ্রহণ করে তাহার উপর নির্ভর করে। নিম্নোক্ত সমীকরণ হইতে ইহা স্পষ্ট বুঝা যাইবে।

(i) $Fe+2HCl=FeCl_2+H_2$

(ii) $2\,Fe+3Cl_2=2FeCl_3$

উপরের সমীকরণ দুইটির পরিমাণগত দিক বিবেচনা করিলে দেখা যায় প্রথম বিক্রিয়ায় (i) 55·85 ভাগ আয়রন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় 2·016 ভাগ হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে অথবা 70·92 ভাগ ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া ফেরাস ক্লোরাইড গঠন করে। সুতরাং সংজ্ঞানুসারে আয়রনের (আস্) তুল্যাঙ্ক ভার $\frac{55{\cdot}85}{2}=27{\cdot}925$। একইভাবে দ্বিতীয় বিক্রিয়া (ii) হইতে দেখানো যায়, 18·618 ভাগ আয়রন 35·46 ভাগ ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া ফেরিক ক্লোরাইড যৌগ সৃষ্টি করে। ∴ 18·618 সংখ্যাটিই ইক্ আয়রনের তুল্যাঙ্কভার।

পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ের রাসায়নিক পদ্ধতি ঃ

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প প্রয়োগ দ্বারা ক্যানিজারো পদ্ধতিতে মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় প্রণালী ইতিপূর্বে আলোচিত হইয়াছে। এখানে আরও দুইটি পদ্ধতি সম্বন্ধে বলা হইল।

(ক) **ডুলং ও পেটিট সূত্র প্রয়োগ করিয়া ঃ** মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব ও উহার আপেক্ষিক তাপের (Specific heat) গুণফলকে পারমাণবিক তাপ (atomic heat) বলে। নানা পরীক্ষার দ্বারা ডুলং ও পেটিট (Dulong and Petit) প্রমাণ করেন (সাধারণ তাপমাত্রায়) **যে কোন কঠিন মৌলের পারমাণবিক তাপ সকল সময় একই হয় এবং উহার পরিমাণ প্রায় 6·4। অর্থাৎ কঠিন মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব এবং আপেক্ষিক তাপের গুণফল সর্বদা 6·4 (প্রায়) হয়। ইহাই ডুলং ও পেটিটের সূত্র।**

$$\text{পারমাণবিক গুরুত্ব}=\frac{6{\cdot}4}{\text{আপেক্ষিক তাপ}}$$

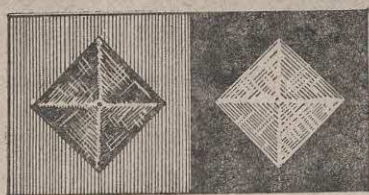
সুতরাং, কোন কঠিন মৌলের আপেক্ষিক তাপ নির্ধারণ করিতে পারিলে উহার আনুমানিক পারমাণবিক গুরুত্ব জানা যাইতে পারে।

পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে ডুলং পেটিট সূত্রের সীমাবদ্ধতা ঃ

প্রথমতঃ, ইহা কেবল কঠিন মৌলের ক্ষেত্রেই ব্যবহৃত হইতে পারে। তদুপরি কার্বন, বোরন, সিলিকন, বেরিলিয়াম কঠিন মৌল হইলেও ইহাদের ক্ষেত্রে সূত্রটি খাটে না। এই সূত্র প্রয়োগে পারমাণবিক গুরুত্ব যথার্থ বা সঠিক ভাবে নির্ণীত হয় না।

ইহা দ্বারা পারমাণবিক গুরুত্ব আনুমানিক ভাবে জানা যায়। তবে এই মোটামুটি পারমাণবিক গুরুত্ব হইতে যোজ্যতা নিরূপণ করিয়া উহা দ্বারা তুল্যাঙ্কভারকে গুণ করিলে প্রকৃত পারমাণবিক গুরুত্ব পাওয়া যায়।

(খ) মিত্‌সারলিসের সমাকৃতি সূত্রের সাহায্যে ঃ

সমাকৃতিত্ব ও সমাকৃতি কেলাস (Isomorphism and isomorphous crystals) ঃ একাধিক রাসায়নিক পদার্থের কেলাসের জ্যামিতিক আকার সদৃশ হইলে অর্থাৎ কেলাসগুলির পৃষ্ঠতলের সংখ্যা এবং অনুরূপ কোণগুলি সমান হইলে এই কেলাসগুলিকে সাধারণতঃ **সমাকৃতি কেলাস** বলা হইয়া থাকে এবং যে ধর্মের জন্য সমাকৃতি কেলাস গঠন সম্ভব হয় তাহাকে **সমাকৃতিত্ব** (isomorphism বলে। তবে দুইটি পদার্থের কেলাসের বাহিক্য আকার একরূপ হইলেই উহা সমাকৃতি হইবে এই ধারণা ঠিক নহে। বাহিক সাদৃশ্যের সঙ্গে আবশ্যিকভাবে নিম্নোক্ত তিনটি লক্ষণ থাকিলেই একাধিক যৌগের কেলাস সমাকৃতি সম্পন্ন হইবে।

চিত্র ১ (২৪)—সমাকৃতি কেলাস

(১) দুইটি সমাকৃতি সম্পন্ন কেলাসের আণবিক সঙ্কেত একই ধরণের হয় অর্থাৎ কেলাসগুলিতে সমসংখ্যক পরমাণু একইভাবে সংযোজিত থাকে। (২) এইরূপ দুইটি পদার্থের মিশ্র দ্রবণকে কেলাসিত করিলে যে কেলাস পাওয়া যায় তাহাকে বলা হয় মিশ্র কেলাস (mixed crystal) যাহা উভয় পদার্থের অণু দ্বারা গঠিত দেখা যায় এবং যাহার আকৃতি যে কোন একটি পদার্থের কেলাসের অনুরূপ হয়। মিশ্র দ্রবণটি একটি পদার্থ দ্বারা সম্পৃক্ত থাকিলেও উভয় পদার্থের কেলাস এক সঙ্গে পড়িয়া সমসত্ত্ব মিশ্র কেলাস গঠন করিবেই। (৩) একটি পদার্থের সম্পৃক্ত বা অতিসম্পৃক্ত দ্রবণে অপরটির একটি ক্ষুদ্র কেলাস রাখিলে ঐ ক্ষুদ্র কেলাসের গায়ে অন্য পদার্থের আস্তরণ পড়িয়া উহার আয়তন ক্রমশঃ বৃদ্ধি পায়। এই লক্ষণের নাম অধিবৃদ্ধি (over-growth)।

কয়েকটি পরিচিত সমাকৃতি যৌগের উদাহরণ ঃ

(১) জিঙ্ক সালফেট ($ZnSO_4.7H_2O$), ম্যাগনেসিয়াম সালফেট ($MgSO_4.7H_2O$) এবং ফেরাস সালফেট ($FeSO_4.7H_2O$)। (২) কপার সালফাইড (Cu_2S) এবং সিলভার সালফাইড (Ag_2S)। (৩) পটাসিয়াম সালফেট (K_2SO_4) এবং পটাসিয়াম ক্রোমেট (K_2CrO_4)। পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেট ($KMnO_4$) এবং পটাসিয়াম পারক্লোরেট ($KClO_4$)। (৫) পটাসঅ্যালাম বা ফট্‌কিরি [K_2SO_4, $Al_2(SO_4)_3 24H_2O$] এবং ক্রোম্‌অ্যালাম [K_2SO_4, $Cr_2(SO_4)_3.24H_2O$]।

এখানে জিঙ্ক সালফেট, ম্যাগনেসিয়াম সালফেট বা ফেরাস সালফেটের কেলাস সমাকৃতি বলিয়া উহাদের আকৃতি হুবহু একই রকমের। জিঙ্ক সালফেট এবং ম্যাগনেসিয়াম সালফেটের (বা ফেরাস সালফেট) মিশ্র দ্রবণকে কেলাসিত করিলে যে কেলাস সৃষ্টি হয় তাহাতে জিঙ্ক ও ম্যাগনেসিয়াম সালফেট (বা ফেরাস সালফেট) মিশ্রিত থাকে। আবার জিঙ্ক সালফেটের একটি কেলাস ম্যাগনেসিয়াম সালফেটের (বা ফেরাস সালফেটের) সম্পৃক্ত দ্রবণে যোগ করিলে উহার উপর ম্যাগনেসিয়াম সালফেট (বা ফেরাস সালফেট) জমিতে থাকে।

অধিকন্তু সমাকৃতিসম্পন্ন কেলাসগুলির আণবিক সঙ্কেত পরীক্ষা করিলে দেখা যায় উহাদের অণুগুলিতে মোট পরমাণুর সংখ্যায় কোন তারতম্য নাই এবং উহাদের সংযুতি একই রকমের। দুইটি সমাকৃতি সম্পন্ন পদার্থের অণুতে যে মৌলিক পদার্থটি বিভিন্ন, তাহাদের পরমাণু সংখ্যা একই থাকে। উপরে বর্ণিত যৌগগুলিতে প্রথমটির একটি জিঙ্ক পরমাণুর স্থলে দ্বিতীয়টিতে একটি ম্যাগনেসিয়াম পরমাণু এবং তৃতীয়টিতে একটি আয়রন পরমাণু আছে।

সমাকৃতি সূত্র ও পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ঃ বিভিন্ন যৌগের কেলাস লইয়া উহাদের আকৃতি ও গঠন লক্ষ্য করিয়া বিজ্ঞানী মিত্সারলিস যে নিয়ম দেন তাহা নিম্নরূপঃ

সমান সংখ্যক পরমাণু একই ভাবে সংযোজিত হইয়া সমাকৃতিসম্পন্ন কেলাস গঠন করে। ইহাই মিত্সারলিসের সমাকৃতি সূত্র (Mitscherlich's law of isomorphism)। এইসকল কেলাসের আকৃতি উহাদের উপাদান মৌলগুলির রাসায়নিক ধর্ম বা প্রকৃতির উপর নির্ভর করে না। পরন্তু ইহা, উহাদের অণুতে অবস্থিত পরমাণু সংখ্যা এবং অবস্থানের উপরই কেবল নির্ভরশীল অর্থাৎ সমাকৃতিসম্পন্ন একাধিক কেলাসের আণবিক সঙ্কেত একই রূপ হয়।

পক্ষান্তরে দেখা যায়, সমাকৃতি যৌগে যে মৌলিক পদার্থগুলি ভিন্ন হয়, তাহারা পরস্পরকে সমান সংখ্যক পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত করে এবং ইহাতে যৌগের কেলাসের আকৃতির কোন পরিবর্তন ঘটে না। সমাকৃতি যৌগের এইরূপ বৈশিষ্ট্য অবলম্বন করিয়া উহাদের অণুস্থিত মৌলগুলির পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যায়।

মনে করি, দুইটি সমাকৃতি যৌগে দুইটি ভিন্ন মৌলিক পদার্থ A ও B আছে এবং উহাদের পারমাণবিক গুরুত্ব যথাক্রমে a এবং b। আরও মনে করি, A মৌলের W_1 গ্রাম অপর একটি যৌগ হইতে B মৌলের W_2 গ্রাম প্রতিস্থাপিত করে। এক্ষেত্রে, একটি যৌগের একটি পরমাণু অপর সমাকৃতি পদার্থের ঠিক একটি পরমাণু প্রতিস্থাপিত করিবে। A-মৌলের প্রতিস্থাপনীয় অংশে পরমাণু সংখ্যা = B-মৌলের প্রতিস্থাপিত অংশে পরমাণু সংখ্যা।

$$\text{অধিকন্তু, পরমাণুর সংখ্যা} = \frac{\text{পরমাণুর প্রতিস্থাপিত ওজন}}{\text{পারমাণবিক গুরুত্ব}}$$

$$\therefore \frac{W_1}{a}=\frac{W_2}{b} \text{ বা, } \frac{W_1}{W_2}=\frac{a}{b}$$

অর্থাৎ, $\dfrac{\text{A-মৌলের প্রতিস্থাপিত ওজন}}{\text{B-মৌলের প্রতিস্থাপিত ওজন}}=\dfrac{\text{A-মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব}}{\text{B-মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব}}$

মৌল দুইটির প্রতিস্থাপিত ওজন এবং যে কোন একটির পারমাণবিক গুরুত্ব জানা থাকিলে অপরটির পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় সম্ভব।

মিত্‌সারলিসের সূত্রের প্রয়োগে মৌলের যোজ্যতা নির্ভুলভাবে জানা সম্ভব। সমাকৃতি পদার্থের ভিন্ন মৌল দুইটির যোজ্যতা একই। সুতরাং, একটির যোজ্যতা জানা থাকিলে অপরটির যোজ্যতা আপনা হইতেই জানা যায়।

যেমন, জিঙ্ক অক্সাইড ও বেরিলিয়াম অক্সাইড সমাকৃতিসম্পন্ন। জিঙ্ক অক্সাইডের সঙ্কেত ZnO এবং জিঙ্কের যোজ্যতা 2। সুতরাং, বেরিলিয়াম অক্সাইডের সঙ্কেত BeO এবং বেরিলিয়ামের যোজ্যতা হইবে 2।

দ্রষ্টব্য ঃ (১) সাধারণ লবণের কেলাস ও হীরার কেলাসের বাহ্যিক আকৃতি একই, তবুও ইহারা সমাকৃতি কেলাস নহে। কারণ তাহাদের মধ্যে অন্যান্য বিশিষ্ট গুণগুলি (যথা মিশ্র কেলাস গঠন, অধিবৃদ্ধি ইত্যাদি) অনুপস্থিত। (২) কোন কোন পদার্থ সমাকৃতিসম্পন্ন হওয়া সত্ত্বেও উহাদের কেলাসগুলির অনুরূপ কোণগুলির মধ্যে সামান্য তফাৎ থাকে। (৩) আবার কয়েকটি ক্ষেত্রে দেখা যায় সমাকৃতিসম্পন্ন হওয়া সত্ত্বেও দুইটি পদার্থে পরমাণু সংখ্যা সমান নহে; যদিও ইহাদের সংযুক্তি একই রকমের। যেমন, পটাসিয়াম সালফেট K_2SO_4 এবং অ্যামোনিয়াম সালফেট, $(NH_4)_2SO_4$।

সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় ঃ (Determination of exact atomic weight) ঃ আমরা জানি, পারমাণবিক গুরুত্ব = তুল্যাঙ্ক × যোজ্যতা। এই সম্পর্কের প্রয়োগ দ্বারা সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করিতে প্রথমে মৌলের তুল্যাঙ্কভার নির্ভুল ভাবে নির্ণয় করিতে হয়। মৌলের যোজ্যতা প্রত্যক্ষ ভাবে জানা যায় না বলিয়া পরোক্ষভাবে উহা নির্ণয় করা হয়। উপযুক্ত কোন পদ্ধতি যেমন, ডুলং পেটিটের সূত্র, সমাকৃতি সূত্র বা গ্যাসীয় মৌলের ক্ষেত্রে অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প প্রয়োগে প্রথমে মৌলের আনুমানিক পারমাণবিক গুরুত্ব বাহির করিতে হয়। এই স্থূল পারমাণবিক গুরুত্বকে তুল্যাঙ্ক দ্বারা ভাগ করিলে যে সংখ্যা পাওয়া যায় তাহাই মৌলের যোজ্যতা। যেহেতু যোজ্যতা সর্বদা পূর্ণ সংখ্যা, সুতরাং এই ভাগফলের আসন্ন পূর্ণসংখ্যাকে পরমাণুর সঠিক যোজ্যতা ধরিতে হয়।

উদাহরণ ঃ (তুল্যাঙ্ক ভার সম্পর্কিত গণনা)

(১) 1·8 গ্রাম ম্যাগনেসিয়ামকে সম্পূর্ণ ভাবে অক্সাইডে পরিণত করা হইল। অক্সাইডের ওজন 3·008 গ্রাম হইলে ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার কত?

ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের ওজন = 3·008 গ্রাম

ম্যাগনেসিয়ামের " = 1·8 "

∴ সংযুক্ত অক্সিজেনের ওজন = (3·008 − 1·8) বা 1·208 গ্রাম

1·208 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় 1·8 গ্রাম ম্যাগনেসিয়ামের সহিত

8 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় $\frac{1{\cdot}8\times8}{1{\cdot}208}$ গ্রাম ম্যাগনেসিয়ামের সহিত

স্বতরাং, ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্ক ভার $=\frac{1{\cdot}8\times8}{1{\cdot}208}=11{\cdot}92$

(২) 0·981 গ্রাম কোন ধাতু হইতে 2·046 গ্রাম ধাতুর ক্লোরাইড পাওয়া যায়। ধাতুর তুল্যাঙ্কভার কত? [Cl = 35·5]

ধাতব ক্লোরাইডের ওজন = 2·046 গ্রাম
ধাতুর " = 0·981 "

∴ সংযুক্ত ক্লোরিনের ওজন = (2·046 − 0·981) = 1·065 গ্রাম

1·065 গ্রাম ক্লোরিন যুক্ত হয় 0·981 গ্রাম ধাতুর সহিত

∴ 35·5 " " " " $\frac{0{\cdot}981\times35{\cdot}5}{1{\cdot}065}$ গ্রাম ধাতুর সহিত

∴ ধাতুর তুল্যাঙ্কভার $=\frac{0{\cdot}981\times35{\cdot}5}{1{\cdot}065}=32{\cdot}7$

(৩) 0·8567 গ্রাম কপার অক্সাইডকে বিশুদ্ধ শুষ্ক, হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহে উত্তপ্ত করা হইল যতক্ষণ না বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হয়। উৎপন্ন গ্যাসীয় পদার্থকে পূর্বে ওজন করা একটি গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড পূর্ণ টিউবের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করা হইল। ইহাতে টিউবের ওজন 0·1941 গ্রাম বৃদ্ধি পায়। কপারের তুল্যাঙ্কভার কত?

[হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব = 1]

উত্তপ্ত কপার অক্সাইড ও হাইড্রোজেন বিক্রিয়া করিয়া ধাতব কপার ও ষ্টীম উৎপন্ন করে। ষ্টীম গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্বারা শোষিত হয়। ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ টিউবের ওজন বৃদ্ধি = উৎপন্ন ষ্টীম বা জলের ওজন = 0·1941 গ্রাম।

18 গ্রাম জলে অক্সিজেন আছে 16 গ্রাম

∴ 0·1941 " " " " $\frac{16\times0{\cdot}1941}{18}$ বা 0·1725 গ্রাম

এই পরিমাণ অক্সিজেন কপার অক্সাইড হইতে আসিয়াছে।

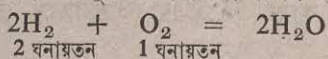
∴ কপারের ওজন = (0·8567 − 0·1725) = 0·6842 গ্রাম

0·1725 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় 0·6842 গ্রাম কপারের সহিত

∴ 8 " " " " $\frac{0{\cdot}6842\times8}{0{\cdot}1725}$ গ্রাম " "

∴ কপারের তুল্যাঙ্ক $=\frac{0{\cdot}6842\times8}{0{\cdot}1725}=31{\cdot}73$

(৪) 0·109 গ্রাম একটি ধাতু লঘু অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিলে প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় যে আয়তনের শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাস পাওয়া যায়, তাহা এই অবস্থায় 37·5 c.c. অক্সিজেনের সহিত সম্পূর্ণভাবে বিক্রিয়া করে। ধাতুটির তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর।

$$\underset{\text{2 ঘনায়তন}}{2H_2} + \underset{\text{1 ঘনায়তন}}{O_2} = 2H_2O$$

$\therefore$ 37·5 c.c. অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করিতে $2 \times 37·5 = 75$ c.c. হাইড্রোজেন প্রয়োজন। স্থতরাং, প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় নির্গত হাইড্রোজেনের আয়তন $= 75$ c.c.

আবার, এই আয়তনের হাইড্রোজেনের ওজন $= 75 \times 0·00009$ গ্রাম
$= 0·00675$ গ্রাম

$\therefore$ 0·00675 গ্রাম হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হয় 0·109 গ্রাম ধাতু দ্বারা

$\therefore$ 1·008 " " " " $\frac{0·109 \times 1·008}{0·00675}$ গ্রা. ধাতু দ্বারা

$\therefore$ ধাতুটির তুল্যাঙ্ক $= \frac{0·109 \times 1·008}{0·00675} = 16·27$

(৫) 1·201 গ্রাম জিঙ্ককে নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া বাষ্পীভবনের সাহায্যে শুষ্ক করা হইল। কঠিন অবশেষকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে 1·497 গ্রাম জিঙ্ক অক্সাইড উৎপন্ন হয়। অন্য একটি পরীক্ষায় 0·543 গ্রাম জিঙ্ক কপার সালফেট দ্রবণ হইতে 0·527 গ্রাম কপার প্রতিস্থাপিত করে। জিঙ্ক এবং কপারের তুল্যাঙ্ক ভার কত ?

জিঙ্কের ওজন $= 1·201$ গ্রাম ; জিঙ্ক অক্সাইডের ওজন $= 1·497$ গ্রাম

$\therefore$ অক্সিজেনের ওজন $= 1·497 - 1·201 = 0·296$ গ্রাম

0·296 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় 1·201 গ্রাম জিঙ্কের সহিত,

$\therefore$ 8 " " " " $\frac{1·201 \times 8}{0·296}$ গ্রাম " "

$\therefore$ জিঙ্কের তুল্যাঙ্ক $= \frac{1·201 \times 8}{0·296} = 32·45$

আমরা জানি, এক ধাতু দ্বারা অপর ধাতুর প্রতিস্থাপন উহাদের তুল্যাঙ্কের অনুপাতে হয়।

$\therefore$ $\frac{\text{প্রতিস্থাপনকারী জিঙ্কের ওজন}}{\text{প্রতিস্থাপিত কপারের ওজন}} = \frac{\text{জিঙ্কের তুল্যাঙ্ক}}{\text{কপারের তুল্যাঙ্ক}}$।

$\therefore$ $\frac{0·543}{0·527} = \frac{32·45}{\text{কপারের তুল্যাঙ্ক}}$

$\therefore$ কপারের তুল্যাঙ্ক $= \frac{32·45 \times 0·527}{0·543}$ বা 31·5

(৬) 0·1827 গ্রাম একটি ধাতব ক্লোরাইডকে সম্পূর্ণরূপে ইহার অক্সাইডে পরিণত করায় 0·1057 গ্রাম ধাতব অক্সাইড পাওয়া গেল। ধাতুর তুল্যাঙ্কভার কত ?

(Cl = 35·5)

ধাতুর তুল্যাঙ্কভার x হইলে $(x + 35·5)$ গ্রাম ক্লোরাইড হইতে $(x + 8)$ গ্রাম অক্সাইড পাওয়া যায়। কারণ 35·5 এবং 8 যথাক্রমে ক্লোরিন এবং অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার।

$\therefore \quad \frac{x+8}{x+35{\cdot}5}=\frac{0{\cdot}1057}{0{\cdot}1827}$

$\therefore \quad x=29{\cdot}88$, সুতরাং ধাতুর তুল্যাঙ্ক $=29{\cdot}88$

(৭) এক গ্রাম জিঙ্ক ক্লোরাইড জলে দ্রাবিত করিয়া উহাতে অতিরিক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ মিশাইলে 2·110 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। জিঙ্কের তুল্যাঙ্ক কত? ($Ag=107{\cdot}88$; $Cl=35{\cdot}46$; সিলভারের যোজ্যতা $=1$)

107·88+35·46 বা 143·34 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইডে ক্লোরিনের পরিমাণ 35·46 গ্রাম।

$\therefore$ 2·110 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইডে ক্লোরিন আছে $\frac{35{\cdot}46\times 2{\cdot}110}{143{\cdot}34}$

বা 0·5219 গ্রাম

এই পরিমাণ ক্লোরিন জিঙ্কের সহিত সংযুক্ত ছিল।

$\therefore$ জিঙ্কের ওজন $=(1-0{\cdot}5219)=0{\cdot}4781$ গ্রাম

0·5219 গ্রাম ক্লোরিন যুক্ত হয় 0·4781 গ্রাম জিঙ্কের সহিত

$\therefore$ 35·46 গ্রাম " " " $\frac{0{\cdot}4781\times 35{\cdot}46}{0{\cdot}5219}$ গ্রাম জিঙ্কের সহিত

$\therefore$ জিঙ্কের তুল্যাঙ্ক ভার $=\frac{0{\cdot}4781\times 35{\cdot}46}{0{\cdot}5219}=32{\cdot}48$

বিকল্প পদ্ধতি : মনে করি জিঙ্কের তুল্যাঙ্ক ভার $=x$, সুতরাং

$$\frac{\text{জিঙ্ক ক্লোরাইডের ওজন}}{\text{সিলভার ক্লোরাইডের ওজন}}=\frac{x+35{\cdot}46}{107{\cdot}88+35{\cdot}46}$$

বা, $\frac{1}{2{\cdot}110}=\frac{x+35{\cdot}46}{143{\cdot}34} \quad \therefore \quad x=32{\cdot}48$

(পারমাণবিক গুরুত্ব সম্পর্কিত গণনা)

(৮) একটি ধাতুর ক্লোরাইডে শতকরা 20·2 ভাগ ধাতু আছে। ধাতুর আপেক্ষিক তাপ 0·224। উহার সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব কত? ইহার ক্লোরাইডের আণবিক সঙ্কেত কি? [$Cl=35{\cdot}5$]

$\therefore$ ধাতব ক্লোরাইডে ধাতুর অংশ $=20{\cdot}2\%$

$\therefore$ " " ক্লোরিনের " $=(100-20{\cdot}2)=79{\cdot}8\%$

79·8 ভাগ ওজনের ক্লোরিন যুক্ত হয় 20·2 ভাগ ওজনের ধাতুর সহিত

$\therefore$ 35·5 " " " " " $\frac{20{\cdot}2\times 35{\cdot}5}{79{\cdot}8}$

বা 8·98 ভাগ ওজনের ধাতুর সহিত

অর্থাৎ ধাতুর তুল্যাঙ্ক $=8{\cdot}98$। আবার, ডুলং ও পেটিট সূত্রানুযায়ী ধাতুর আনুমানিক পারমাণবিক গুরুত্ব $=\frac{6{\cdot}4}{0{\cdot}224}$ বা 28·57

∴ ধাতুর যোজ্যতা $= \frac{28 \cdot 57}{8 \cdot 98}$ বা 3·18 বা 3 (নিকটতম পূর্ণসংখ্যা)

∴ সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব $= 8 \cdot 98 \times 3 = 26 \cdot 94$

ধাতুটিকে 'M' দ্বারা চিহ্নিত করিলে ইহার ক্লোরাইডের আণবিক সঙ্কেত হইবে $= MCl_3$।

(৯) একটি কঠিন ধাতব অক্সাইডে 34·8% অক্সিজেন আছে। ধাতুর পারমাণবিক গুরুত্ব 45 হইলে ইহার যোজ্যতা কত হইবে ? ইহার অক্সাইডের সঙ্কেত কি ?

ধাতব অক্সাইডে অক্সিজেন আছে 34·8%

∴ " " ধাতু আছে $100 - 34 \cdot 8 = 65 \cdot 2\%$

34·8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন যুক্ত হয় 64·2 ভাগ ধাতুর সহিত

∴ 8 " " " " " $\frac{65 \cdot 2 \times 8}{34 \cdot 8}$ বা 14·9 ভাগ ধাতুর সহিত

অর্থাৎ ধাতুর তুল্যাঙ্ক = 14·9।

∴ ধাতুর যোজ্যতা $= \frac{\text{পারমাণবিক গুরুত্ব}}{\text{তুল্যাঙ্ক}} = \frac{45}{14 \cdot 9} = 3$ (নিকটতম পূর্ণসংখ্যা)

∴ ধাতব অক্সাইডের সঙ্কেত $= M_2O_3$ (যেখানে M = ধাতুর চিহ্ন)

(১০) 0·1 গ্রাম পরিমাণ কোন ধাতু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিলে 124·4 c.c. শুষ্ক হাইড্রোজেন (প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায়) উৎপন্ন হয়। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·214 হইলে উহার পারমাণবিক গুরুত্ব কত ? ধাতুটির অক্সাইড ও ক্লোরাইডের সঙ্কেত লিখ।

আমরা জানি, প্রমাণ অবস্থায় 1 c.c. হাইড্রোজেনের ওজন = 0·00009 গ্রাম

∴ " " 124·4 c.c. " $124 \cdot 4 \times 0 \cdot 00009 = \cdot 011196$ গ্রাম

বা ·0112 গ্রাম (আসন্ন চারি দশমিক পর্যন্ত)

∴ 0·0112 গ্রাম হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হয় 0·1 গ্রাম ধাতু দ্বারা

∴ 1·008 " " " " $\frac{0 \cdot 1 \times 1 \cdot 008}{\cdot 0112}$ গ্রাম ধাতু দ্বারা

∴ ধাতুর তুল্যাঙ্ক ভার $= \frac{0 \cdot 1 \times 1 \cdot 008}{0 \cdot 0112} = 9$

আবার ডুলং পেটিট সূত্রানুযায়ী ধাতুর আনুমানিক পারমাণবিক গুরুত্ব

$$= \frac{6 \cdot 4}{0 \cdot 214} = 29 \cdot 9$$

∴ যোজ্যতা $= \frac{29 \cdot 9}{9} = 3 \cdot 32$। যোজ্যতা কখনও ভগ্নাংশ হইতে পারে না বলিয়া ধাতুর যোজ্যতা 3 (নিকটতম পূর্ণসংখ্যা) হইবে।

∴ ধাতুর সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব $= 9 \times 3 = 27$ এবং ইহার অক্সাইড ও ক্লোরাইডের সঙ্কেত যথাক্রমে M_2O_3 এবং MCl_3 (যেখানে M = ধাতুর চিহ্ন)।

(১১) একটি ধাতুর 1 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিলে ঐ ধাতুর 2·255 গ্রাম সালফেট উৎপন্ন হয়। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·057cal/g হইলে উহার সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব কত ?

সালফেট (SO_4) মূলকের তুল্যাঙ্ক ভার $= \frac{32+64}{2} = 48$

(2·225 − 1) বা 1·225 গ্রাম সালফেট মূলক 1 গ্রাম ধাতুর সহিত যুক্ত হয়।

∴ 48 গ্রাম সালফেট মূলক $\frac{1 \times 48}{1 \cdot 255}$ গ্রাম ধাতুর সহিত যুক্ত হয়।

∴ ধাতুর তুল্যাঙ্কভার $= \frac{48}{1 \cdot 255} = 38 \cdot 247$

আবার, ডুলং ও পেটিট সূত্রানুযায়ী ধাতুর আনুমানিক পারমাণবিক গুরুত্ব

$$= \frac{6 \cdot 4}{0 \cdot 057} \text{ বা } 112 \cdot 28$$

∴ ধাতুর যোজ্যতা $= \frac{112 \cdot 28}{38 \cdot 247}$ বা 2·94 বা 3 (নিকটতম পূর্ণসংখ্যা)

∴ সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব $= 38 \cdot 247 \times 3 = 114 \cdot 741$

(১২) একটি মৌলের অক্সাইডে শতকরা 53 ভাগ মৌল আছে। মৌলটির ক্লোরাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব 66। মৌলটির পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

অক্সাইডে মৌল আছে 53% ; ∴ অক্সাইডে অক্সিজেন আছে (100 − 53)% = 47%

অর্থাৎ 47 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সহিত 53 ভাগ ওজনের মৌল যুক্ত

∴ 8 " " " " $\frac{53 \times 8}{47}$ ভাগ " " "

∴ মৌলটি তুল্যাঙ্কভার $= \frac{53 \times 8}{47} = 9 \cdot 02$

মৌলটির ক্লোরাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব = 66

∴ " " আণবিক গুরুত্ব = 2 × 66 = 132 (অ্যাভোগাড্রো)

ধরা যাক, মৌলটির যোজ্যতা = V, মৌলটির পারমাণবিক গুরুত্ব = A
এবং উহার চিহ্ন = M

∴ উহার ক্লোরাইড সঙ্কেত = MCl_V,

∴ উহার আণবিক গুরুত্ব = A + 35·5V (ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার 35·5 ধরিয়া)
= EV + 35·5V (∵ পারমাণবিক গুরুত্ব A = তুল্যাঙ্কভার E × যোজ্যতা V)
= V(E + 35·5)
= V(9·02 + 35·5) = 44·52V

কিন্তু 44·52V = 132 ; ∴ $V = \frac{132}{44 \cdot 52} = 3$ [নিকটতম পূর্ণসংখ্যা]

∴ মৌলটির পারমাণবিক গুরুত্ব $= 9·02 \times 3 = 27·06$ [∵ যোজ্যতা ভগ্নাংশ হইতে পারে না।]

(১৩) কোন ধাতুর তুল্যাঙ্কভার 29·73। ধাতুর ক্লোরাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব 16·30 ($O=1$)। ধাতুর পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

ধাতব ক্লোরাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব $= 16·30$ ($O=1$)

অক্সিজেনের বাষ্পীয় ঘনত্ব $= 8$

∴ ধাতব ক্লোরাইডের প্রকৃত বাষ্পীয় ঘনত্ব ($H=1$) $= 16·30 \times 8 = 130·40$ (অ্যাভোগাড্রো মতে)।

স্বতরাং ধাতব ক্লোরাইডের আণবিক গুরুত্ব $= 130·40 \times 2 = 260·80$

ধাতব ক্লোরাইডের সঙ্কেত $= MCl_v$ (যেখানে M = ধাতুর চিহ্ন এবং v = ধাতুর যোজ্যতা)।

উহার আণবিক গুরুত্ব = 'M' এর পারমাণবিক গুরুত্ব $+ 35·5v$

অর্থাৎ $260·80 = 29·73 \times v + 35·5v$

(∵ পারমাণবিক গুরুত্ব = তুল্যাঙ্ক × যোজ্যতা)

∴ $v = 4$ (নিকটতম পূর্ণসংখ্যা)।

∴ ধাতুর পারমাণবিক গুরুত্ব $= 29·73 \times 4 = 118·92$

(১৪) পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট এবং পটাসিয়াম পারক্লোরেট ($KClO_4$) সমাকৃতি সম্পন্ন যৌগ। বিশ্লেষণের ফলে দেখা যায় পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটে শতকরা 34·8 ভাগ ম্যাঙ্গানিজ আছে। ম্যাঙ্গানিজের পারমাণবিক গুরুত্ব কত? [$K=39$, $Cl=35·5$]

প্রশ্নানুযায়ী পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের সঙ্কেত $KMnO_4$। কারণ ইহা পটাসিয়াম পারক্লোরেট, $KClO_4$ এর সহিত সমাকৃতিসম্পন্ন।

ম্যাঙ্গানিজের পারমাণবিক গুরুত্ব যদি x হয়, তবে $KMnO_4$ এর আণবিক গুরুত্ব হইবে $(39+x+4\times16) = 103+x$

তাহা হইলে এই পদার্থে ম্যাঙ্গানিজের শতকরা অংশ $= \frac{x \times 100}{103+x}$

$$\therefore \frac{x \times 100}{103+x} = 34·8 \quad \therefore x = 54·98$$

(১৫) একটি অজ্ঞাত ধাতু 'M' এর ক্লোরাইডে শতকরা 70·66 ভাগ ধাতু আছে এবং উহা KCl এর সহিত সমাকৃতিসম্পন্ন। ধাতুটির পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

'M' ধাতুর ক্লোরাইডে ধাতু আছে 70·66%

∴ " " " ক্লোরিন " $100 - 70·66 = 29·34\%$

29·34 ভাগ ক্লোরিন যুক্ত হয় 70·66 ভাগ ধাতুর সহিত

35·5 " " " " $\frac{70·66 \times 35·5}{29·34}$ ভাগ ধাতুর সহিত

বা 85·49 ভাগ " "

'M' ধাতুর ক্লোরাইড এবং KCl সমাকৃতি যৌগ। ∴ ধাতুর ক্লোরাইডের আণবিক সঙ্কেত MCl. ∴ ইহার যোজ্যতা পটাসিয়ামের যোজ্যতার সমান।

∴ M এর পারমাণবিক গুরুত্ব $= 85{\cdot}49 \times 1 = 85{\cdot}49$

বিকল্প ভাবে

'M' ধাতুর ক্লোরাইডে,

29·34 গ্রাম ক্লোরিন 70·66 গ্রাম ধাতুর সহিত যুক্ত হয়

∴ 1 " " $\frac{70{\cdot}66}{29{\cdot}34}$ বা 2·40 গ্রাম " " "

পটাসিয়াম ক্লোরাইডে,

35·5 গ্রাম ক্লোরিন 39 গ্রাম পটাসিয়ামের সহিত যুক্ত হয়

∴ 1 " " $\frac{39}{35{\cdot}5}$ বা 1·09 গ্রাম " " "

অর্থাৎ, সমাকৃতি যৌগ দুইটিতে সমপরিমাণ ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত ধাতু ও পটাসিয়ামের ওজনের অনুপাত $= 2{\cdot}40 : 1{\cdot}09$

কিন্তু, এই দুই পদার্থে ধাতু ও পটাসিয়ামের সমসংখ্যক পরমাণু থাকিতে হইবে। অর্থাৎ, উহাদের ওজনের অনুপাত উহাদের পারমাণবিক গুরুত্বের অনুপাত হইবে।

$$\therefore \frac{\text{'M' ধাতুর পারমাণবিক গুরুত্ব}}{\text{পটাসিয়ামের পারমাণবিক গুরুত্ব}} = \frac{2{\cdot}40}{1{\cdot}09}$$

∴ ধাতুর পারমাণবিক গুরুত্ব $= \frac{2{\cdot}40 \times 39}{1{\cdot}09}$ বা 85·8 [∴ K = 39]

(১৬) A এবং B দুইটি ধাতুর অক্সাইড সমাকৃতিসম্পন্ন। A-এর পারমাণবিক গুরুত্ব 43·5 এবং উহার ক্লোরাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব = 75। B-এর অক্সাইডে অক্সিজেনের শতকরা অংশ 40 ভাগ। B-এর পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

A ধাতুর ক্লোরাইডের আণবিক গুরুত্ব $= 2 \times 75$ বা 150 (অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প মতে)। মনে করি, A ধাতুর যোজ্যতা = V, তাহা হইলে উহার ক্লোরাইডের সঙ্কেত ACl_V ;

∴ ক্লোরাইডের আণবিক গুরুত্ব $= 150 = (43{\cdot}5 + 35{\cdot}5V)$

∴ $V = \frac{150 - 43{\cdot}5}{35{\cdot}5}$ বা 3 (নিকটতম পূর্ণসংখ্যা)

∴ A ধাতুর অক্সাইডের সঙ্কেত A_2O_3।

আবার, ∵ B ধাতুর অক্সাইডে অক্সিজেনের অংশ = 40%

∴ B " " ধাতুর " $= (100 - 40)\% = 60\%$

40 ভাগ অক্সিজেন যুক্ত হয় 60 ভাগ ধাতুর সহিত

∴ 8 " " " " $\frac{60 \times 8}{40}$ বা 12 ভাগ ধাতুর সহিত

অর্থাৎ B-এর তুল্যাঙ্কভার=12। যেহেতু B ধাতুর অক্সাইড A ধাতুর অক্সাইডের সহিত সমাকৃতিসম্পন্ন, ∴ B ধাতুর অক্সাইডের সঙ্কেত=B_2O_3 অর্থাৎ A এবং B মৌলের যোজ্যতা সমান অর্থাৎ 3। তাহা হইলে B এর পারমাণবিক গুরুত্ব=12×3=36.

(১৭) 0·12 গ্রাম পরিমাণ কোন অজ্ঞাত ধাতু লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিলে প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 41·10 মি. লি. হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। যে দ্রবণ পাওয়া যায় তাহাকে সাবধানে ডেসিকেটারে বাষ্পায়িত করিলে একটি সাদা কেলাস পাওয়া যায় যাহা $FeSO_4.7H_2O$-এর সমাকৃতি সম্পন্ন এবং ইহার আনুমানিক আণবিক গুরুত্ব 287। অজ্ঞাত ধাতুর সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব কত? [দেওয়া আছে কোন গ্যাসের গ্রাম-আণবিক আয়তন 22·4 লিটার (প্রমাণ অবস্থায়) এবং S-এর পারমাণবিক গুরুত্ব 32]

এক গ্রাম-অণু হাইড্রোজেন=2×1·008=2·016 গ্রাম

প্রমাণ অবস্থায় 22·4 লিটার হাইড্রোজেনের ওজন=2·016 গ্রাম

∴ ,, ,, 41·10 মি.লি. ,, ,, $=\frac{2·016\times0·0411}{22·4}$ গ্রাম

∴ $\frac{2·016\times0·0411}{22·4}$ গ্রাম হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হয় 0·12 গ্রাম ধাতু দ্বারা

∴ 1·008 গ্রাম হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হয় $\frac{22·4\times0·12\times1·008}{2·016\times0·0411}$ গ্রাম ধাতু দ্বারা

$$\therefore \text{ ধাতুর তুল্যাঙ্ক}=\frac{22·4\times0·12\times1·008}{2·016\times0·0411}=32·7$$

ধাতুটি সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া যে সালফেট যৌগ উৎপন্ন করে তাহা $FeSO_4.7H_2O$-এর সহিত সমাকৃতিসম্পন্ন। সমাকৃতি-যৌগের সঙ্কেত বিচার করিলে ধাতুটির যোজ্যতা হইবে 2। এবং ধাতুটির সঙ্কেত 'M' ধরিলে উহার সালফেট যৌগের আণবিক সঙ্কেত হইবে $MSO_4.7H_2O$.

এখন অজ্ঞাত ধাতুর পারমাণবিক গুরুত্ব যদি x হয়, তবে $MSO_4.7H_2O$-এর আণবিক গুরুত্ব=$x+32+4\times16+7\times18=x+222$

∴ $x+222=287$ ∴ $x=65$ বা ধাতুর সম্ভাব্য পারমাণবিক গুরুত্ব

আবার, ধাতুর যোজ্যতা=$\frac{\text{পারমাণবিক গুরুত্ব}}{\text{তুল্যাঙ্কভার}}=\frac{65}{32·7}=2$ (নিকটতম পূর্ণসংখ্যা)

∴ ধাতুর সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব=32·7×2=65·4

(১৮) ম্যাগনেসাইট ($MgCO_3$) এবং ক্যালামাইন ($ZnCO_3$) দুইটি সমাকৃতি-সম্পন্ন যৌগ। যৌগ দুইটিতে ম্যাগনেসিয়াম এবং ক্যালসিয়ামের শতকরা মাত্রা যথাক্রমে 28·57 এবং 52। জিঙ্কের পারমাণবিক গুরুত্ব 65। ম্যাগনেসিয়ামের পারমাণবিক গুরুত্ব কত?

ম্যাগনেসাইটে ম্যাগনেসিয়ামের শতকরা মাত্রা = 28·57
" CO_3 মূলকের " " = 100 − 28·57 = 71·43
ক্যালামাইনে জিঙ্কের " " = 52
∴ " CO_3 মূলকের " " = 100 − 52 = 48

∵ 71·43 ভাগ ওজনের কার্বনেট মূলক 28·57 ভাগ ম্যাগনেসিয়ামের সহিত যুক্ত হয়

∴ 48 " " " " $\frac{28 \cdot 57 \times 48}{71 \cdot 43}$ ভাগ " " " "

বা 19·2 " " " " "

অর্থাৎ, সমাকৃতি যৌগ দুইটিতে সমপরিমাণ (48 ভাগ) কার্বনেট মূলকের সহিত যুক্ত ম্যাগনেসিয়াম ও জিঙ্কের ওজনের অনুপাত 19·2 : 52 এবং এই দুই পদার্থে ধাতু দুইটির সমসংখ্যক পরমাণু থাকিবে অর্থাৎ উহাদের ওজনের অনুপাত উহাদের পারমাণবিক গুরুত্বের অনুপাতে হইবে।

$$\therefore \frac{\text{ম্যাগনেসিয়ামের পারমাণবিক গুরুত্ব}}{\text{জিঙ্কের পারমাণবিক গুরুত্ব}} = \frac{19 \cdot 2}{52}$$

মনে করি, ম্যাগনেসিয়ামের পারমাণবিক গুরুত্ব = x

$$\therefore \frac{x}{65} = \frac{19 \cdot 2}{52} \qquad \therefore x = 24$$

মোল এবং মোল ধারণার পরিপ্রেক্ষিতে রাসায়নিক গণনা (Mole and chemical calculations using mole concept) : ইতিপূর্বে উল্লেখ করা হইয়াছে, কোন মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের আণবিক গুরুত্বকে গ্রামে প্রকাশ করিলে তত গ্রাম ওজনের পদার্থকে ঐ পদার্থের গ্রাম-অণু, সংক্ষেপে 'অণ' বা মোল বলা হয়। আরও উল্লেখ করা হইয়াছে, এক গ্রাম-অণু কোন মৌলিক বা যৌগিক পদার্থে যত সংখ্যক অণু বা এক গ্রাম-পরমাণু কোন মৌলে যত সংখ্যক পরমাণু থাকে তাহাই অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা, যাহা একটি নিত্য সংখ্যা এবং যাহার মান $6 \cdot 023 \times 10^{23}$।

এই হিসাবে 2·016 গ্রাম হাইড্রোজেনে যত সংখ্যক অণু বর্তমান আছে, ঠিক যত সংখ্যক অণুই 28·016 গ্রাম নাইট্রোজেনে, 17·032 গ্রাম অ্যামোনিয়াতে থাকিবে। আবার 32 গ্রাম সালফারে যত সংখ্যক পরমাণু বর্তমান ঠিক তত সংখ্যক পরমাণু 12 গ্রাম কার্বনে বা 22·99 গ্রাম সোডিয়ামে থাকিবেই। উপরের প্রতি ক্ষেত্রেই ইহা অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা।

তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে আয়নগুলিই একক কণিকা। সুতরাং এক গ্রাম-আয়ন অর্থে গ্রামে প্রকাশিত আয়নের ভরকে (H = 1·008 বা O = 16) বুঝায়। আমরা জানি, পরমাণু বা মূলক ইলেকট্রন বর্জন বা গ্রহণ দ্বারা আয়নে রূপান্তরিত হয়, কিন্তু ইলেকট্রনের ভর নগণ্য; সুতরাং প্রকৃতপক্ষে পরমাণু বা মূলকের ভরই আয়নের ভর হইবে। সুতরাং এক গ্রাম-আয়ন সোডিয়াম অর্থে 22·99 গ্রাম সোডিয়াম, এক-গ্রাম আয়ন ক্লোরাইড আয়ন অর্থে 35·46 গ্রাম ক্লোরিন। বলা বাহুল্য, এক গ্রাম-আয়ন

যে কোন্ পদার্থেও অ্যাভোগাড্রো সংখ্যক আয়ন থাকে। অতএব দেখা যাইতেছে, পদার্থের একক কণিকা যাহাই হউক না কেন প্রতিক্ষেত্রেই এক মোলে এই কণিকা সমষ্টির সংখ্যা অপরিবর্তিত থাকে বা $6{\cdot}023 \times 10^{23}$ হয়। বর্তমান বিজ্ঞানীরা এই নিত্যসংখ্যাটিকে নানাবিধ রাসায়নিক গণনায় একক হিসাবে ব্যবহার করিয়াছেন।

স্থতরাং প্রাথমিকভাবে ব্যবহৃত 'মোল' ধারণা আরও ব্যাপক অর্থে ব্যবহৃত হইতেছে। মোল কথার অর্থ 'গুচ্ছ'। বর্তমানে এক মোল পদার্থ অর্থে ঐ পদার্থের সেই পরিমাণ নির্দেশ করে যে পরিমাণে উহার উপাদানের একক কণিকার সংখ্যা অ্যাভোগাড্রো সংখ্যক অণু, পরমাণু (বা আয়ন) গুচ্ছের সমান। বর্তমানে পদার্থের উপাদানের সব একক কণিকার ক্ষেত্রেই মোল কথাটির প্রবর্তন হইয়াছে ; স্থতরাং সাধারণভাবে এক 'মোল' অর্থে অ্যাভোগাড্রো সংখ্যক অণু, পরমাণু (বা আয়ন) গুচ্ছের ভরের পরিমাণ, যাহা গ্রামে প্রকাশিত হইলে যৌগের ক্ষেত্রে আণবিক এবং মৌলের ক্ষেত্রে পারমাণবিক গুরুত্বের সমান হয়। পূর্বে প্রচলিত গ্রাম-অণু, গ্রাম-পরমাণু, গ্রাম-আয়ন ইত্যাদির পরিবর্তে অধুনা মোল অণু, মোল পরমাণু ইত্যাদি ব্যবহার করা হয়।

'মোল'কে একক হিসাবে ব্যবহার আধুনিক রাসায়নিক গণনায় প্রবর্তিত হইয়াছে। এই প্রথায় গণনা চিরাচরিত প্রথা অপেক্ষা ক্ষেত্রবিশেষে সহজতর ও অধিকতর যুক্তিগ্রাহ্য হইয়াছে।

রাসায়নিক সংযোগ, প্রতিস্থাপন প্রভৃতি রাসায়নিক বিক্রিয়া মাত্রেই ইহাতে অংশ গ্রহণকারী পদার্থের নির্দিষ্ট ওজনের অনুপাতে সংঘটিত হয়। স্থতরাং বলা যায় পদার্থগুলি নির্দিষ্ট মোল [$6{\cdot}023 \times 10^{23}$] সংখ্যার অনুপাতে বিক্রিয়া করে। 'মোল' ব্যবহারে পদার্থের উপাদানের একক কণিকার কথা মনে রাখা প্রয়োজন। যেমন,

1 মোল অণু = আণবিক গুরুত্ব (গ্রামে), 1 মোল পরমাণু = পারমাণবিক গুরুত্ব (গ্রামে)। এক গ্রাম আয়ন = আয়ন অনুসারে প্রাপ্ত ওজন (গ্রামে)।

এক মোল পরমাণু অক্সিজেন = 16 গ্রাম অক্সিজেন

" " অণু নাইট্রোজেন = 28 " নাইট্রোজেন

" " অ্যামোনিয়াম আয়ন = 18 গ্রাম আয়ন

15 গ্রাম $MnO_2 = \frac{15}{87}$ বা $\frac{5}{29}$ মোল অণু MnO_2।

6 গ্রাম সোডিয়াম = $\frac{6}{22{\cdot}92}$ মোল পরমাণু সোডিয়াম।

$5{\cdot}4$ গ্রাম অ্যালুমিনিয়াম = $\frac{5{\cdot}4}{27}$ বা $0{\cdot}2$ মোল পরমাণু অ্যালুমিনিয়াম।

$0{\cdot}2$ মোল পরমাণু অ্যালুমিনিয়াম $\times N = 0{\cdot}2 \times 6{\cdot}023 \times 10^{23}$ অ্যালুমিনিয়াম পরমাণু।

$0{\cdot}01$ মোল $H_2SO_4 = 0{\cdot}01 \times 98$ বা $0{\cdot}98$ গ্রাম H_2SO_4।

0·01 মোল $H_2SO_4 \times N = 0·01 \times 6·023 \times 10^{23}$ H_2SO_4-অণু।

আমরা জানি, প্রমাণ অবস্থায় 22·4 লিটার গ্যাসীয় পদার্থে এক মোল অণু (বা পরমাণু) পদার্থ থাকে। ∴ প্রমাণ অবস্থায়

2·8 লিটার $CO_2 = \frac{2·8}{22·4}$ বা 0·125 মোল CO_2।

0·25 মোল $SO_2 = 0·25 \times 22·4 = 0·56$ লিটার SO_2 (প্রমাণ অবস্থায়)

মোল ইলেকট্রন কথাও প্রচলিত। এই সম্বন্ধে যথাস্থানে আলোচনা করা হইবে। তুল্যাঙ্কভারকে গ্রামে প্রকাশ করিলে ইহা গ্রাম-তুল্যাঙ্ক।

বর্তমানে ইহাকে মোল তুল্যাঙ্ক বলা হয়।

1	গ্রাম H_2 = এক	মোল	তুল্যাঙ্ক	হাইড্রোজেন	পরমাণু।
8	" O_2 = 0·5	"	"	অক্সিজেন	" ।
35·46	" Cl_2 = এক	"	"	ক্লোরিন	" ।

গাণিতিক উদাহরণ :

(১) 2·5 মোল কার্বন ডাই-অক্সাইডে কত গ্রাম কার্বন এবং অক্সিজেন থাকিবে ?

1 মোল কার্বন ডাই-অক্সাইডে কার্বন থাকে 12 গ্রাম

∴ 2·5 " " " " " $2·5 \times 12 = 30$ **গ্রাম**

1 মোল কার্বন ডাই-অক্সাইডে অক্সিজেন আছে 32 গ্রাম

∴ 2·5 " " " " " $2·5 \times 32 = 80$ **গ্রাম**

(২) প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 11·2 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইডে যে সংখ্যক অণু থাকে ঠিক সেই সংখ্যক অণু কি পরিমাণ ওজনের নাইট্রোজেনে থাকিবে ?

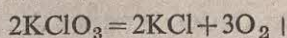
11·2 লিটার $CO_2 = \frac{11·2}{22·4}$ বা 0·5 মোল CO_2

0·5 মোল CO_2-এ উপস্থিত অণুর সংখ্যা = 0·5 মোল নাইট্রোজেনে উপস্থিত অণু সংখ্যা।

0·5 মোল নাইট্রোজেন = $28 \times 0·5 = 14$ **গ্রাম**

(৩) 20 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করিয়া সর্বাধিক যে পরিমাণ অক্সিজেন পাওয়া যায় সেই পরিমাণ অক্সিজেন পাইতে হইলে পৃথকভাবে (ক) কতখানি পটাসিয়াম নাইট্রেট এবং (খ) কতখানি মারকিউরিক অক্সাইডকে উত্তপ্ত করিতে হইবে ? (K = 39, Cl = 35·5, Hg = 200)

সাধারণভাবে প্রচলিত পদ্ধতিতে এই প্রশ্নের গণনা চতুর্থ অধ্যায়ে দেখানো হইয়াছে। মোল ধারণার সাহায্যে এই প্রশ্নের সমাধান নিম্নরূপ :

$$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$$ ।

20 গ্রাম $KClO_3 = \frac{20}{122·5}$ বা $\frac{4}{24·5}$ মোল $KClO_3$

[∵ পটাসিয়াম ক্লোরেটের আণবিক গুরুত্ব 122·5]

বিক্রিয়া হইতে ইহা স্পষ্ট যে 2 মোল পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে 3 মোল অক্সিজেন পাওয়া যায়।

$\therefore \frac{4}{24\cdot5}$ মোল $KClO_3$ হইতে প্রাপ্ত অক্সিজেন $=\frac{3\times4}{2\times24\cdot5}$ বা $\frac{3}{12\cdot25}$ মোল

আবার, $2KNO_3=2KNO_2+O_2$ এবং $2HgO=2Hg+O_2$

উভয় সমীকরণ হইতে দেখা যায় 1 মোল অক্সিজেন পাইতে 2-মোল KNO_3 বা 2-মোল HgO প্রয়োজন।

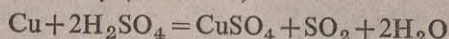
$\therefore \frac{3}{12\cdot25}$ মোল অক্সিজেন পাইতে প্রয়োজনীয়

KNO_3 বা $HgO=\frac{2\times3}{12\cdot25}$ বা $\frac{6}{12\cdot25}$ মোল

$\therefore$ প্রয়োজনীয় KNO_3-এর ওজন $=\frac{6\times101}{12\cdot25}$ গ্রাম।

এবং প্রয়োজনীয় HgO এর ওজন $=\frac{6\times216}{12\cdot25}$ গ্রাম।

(৪) প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 44·9 ml সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করিতে কত গ্রাম কপারের প্রয়োজন? (Cu=63·5)

$$Cu+2H_2SO_4=CuSO_4+SO_2+2H_2O$$

1 মোল 1 মোল

প্রমাণ অবস্থায় 44·9 ml $SO_2=\frac{44\cdot9}{22400}$ বা 0·002 মোল SO_2

সমীকরণ হইতে দেখা যায়,

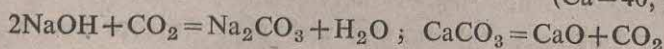
1 মোল SO_2 প্রস্তুত করিতে 1 মোল Cu প্রয়োজন

0·002 „ „ „ „ 0·002 „ „ „

0·002 মোল Cu $=0\cdot002\times63\cdot5=0\cdot127$ গ্রাম Cu.

(৫) 30 গ্রাম কস্টিক সোডাকে সোডিয়াম কার্বনেটে রূপান্তরিত করিতে যে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রয়োজন তাহা কত গ্রাম চুনাপাথর হইতে পাওয়া যাইবে?

(Ca=40, Na=23)

$2NaOH+CO_2=Na_2CO_3+H_2O$; $CaCO_3=CaO+CO_2$

2 মোল 1 মোল 1 মোল 1 মোল

সমীকরণ হইতে দেখা যায়,

2 মোল NaOH-কে Na_2CO_3-এ পরিণত করিতে 1 মোল CO_2 প্রয়োজন এবং 1 মোল CO_2 পাইতে 1 মোল $CaCO_3$ প্রয়োজন $\therefore$ 2 মোল NaOH এর পরিবর্তনে প্রয়োজনীয় CO_2, 1-মোল $CaCO_3$ হইতে পাওয়া যাইবে।

আবার 30 গ্রাম $NaOH=\frac{30}{40}$ বা $\frac{3}{4}$ মোল NaOH

তাহা হইলে 2 মোল NaOH এর জন্য প্রয়োজন 1 মোল $CaCO_3$

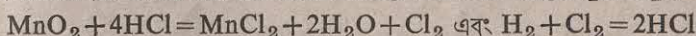
$\therefore \frac{3}{4}$ " " " " " " $\frac{3}{2\times4}$ বা $\frac{3}{8}$ "

$\frac{3}{8}$ মোল $CaCO_3 = \frac{3}{8}\times100$

$= 37\cdot5$ গ্রাম $CaCO_3$ ($\because$ $CaCO_3$ এর আণবিক গুরুত্ব $=100$).

(৬) 45·3125 গ্রাম পাইরোলুসাইট (অবিশুদ্ধ MnO_2) অতিরিক্ত পরিমাণ HCl এর সহিত বিক্রিয়ায় যে পরিমাণ ক্লোরিন নির্গত করে তাহা 10 গ্রাম ম্যাগনেসিয়ামের সহিত লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হাইড্রোজেনের সঙ্গে সম্পূর্ণভাবে যুক্ত হয়। পাইরোলুসাইটে MnO_2 এর বিশুদ্ধতার শতকরা মাত্রা কত ? (Mn=55)

সাধারণভাবে প্রচলিত পদ্ধতিতে এই প্রশ্নের সমাধান চতুর্থ অধ্যায়ে দেওয়া আছে। মোল পদ্ধতিতে এই প্রশ্নের সমাধান এইরূপ : $Mg+2HCl=MgCl_2+H_2$;

$MnO_2+4HCl=MnCl_2+2H_2O+Cl_2$ এবং $H_2+Cl_2=2HCl$

উপরের সমীকরণ হইতে দেখা যায় 1-মোল Mg হইতে যে পরিমাণ হাইড্রোজেন পাওয়া যায় তাহা 1-মোল বিশুদ্ধ MnO_2 হইতে উদ্ভূত ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত হয়।

এখন 10 গ্রাম $Mg=\frac{10}{24}$ বা $\frac{5}{12}$ মোল Mg।

$\therefore$ $\frac{5}{12}$ মোল Mg হইতে প্রাপ্ত H_2, $\frac{5}{12}$ মোল বিশুদ্ধ MnO_2 হইতে প্রাপ্ত Cl_2 এর সহিত যুক্ত হইবে।

$\therefore$ প্রয়োজনীয় বিশুদ্ধ MnO_2 এর পরিমাণ $=\frac{5\times87}{12}=36\cdot25$ গ্রাম

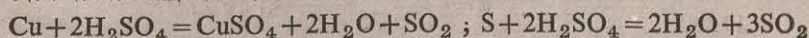
এখন প্রশ্নানুসারে,

45·3125 গ্রাম অবিশুদ্ধ নমুনায় 36·25 গ্রাম বিশুদ্ধ MnO_2 বর্তমান।

$\therefore$ MnO_2-এর বিশুদ্ধতার মাত্রা $=80\%$।

(৭) 10 গ্রাম কপার এবং 10 গ্রাম সালফার পৃথক ভাবে অতিরিক্ত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করা হইল। উৎপন্ন সালফার ডাই অক্সাইডের আয়তন অনুপাত কি হইবে ? (Cu=63, S=32)

সাধারণভাবে প্রচলিত পদ্ধতিতে এই প্রশ্নের সমাধান চতুর্থ অধ্যায়ে দেওয়া আছে। মোল ধারণার সাহায্যে ইহার সমাধান এইরূপ :

$Cu+2H_2SO_4=CuSO_4+2H_2O+SO_2$; $S+2H_2SO_4=2H_2O+3SO_2$

উপরের দুইটি সমীকরণ হইতে দেখা যায় প্রমাণ অবস্থায় 1 মোল কপার 1 মোল SO_2, এবং 1 মোল সালফার 3 মোল SO_2 উৎপন্ন করে।

এখন 10 গ্রাম কপার $=\frac{10}{63}$ বা $\frac{1}{6\cdot3}$ মোল কপার এবং

10 গ্রাম সালফার $=\frac{10}{32}$ বা $\frac{1}{3\cdot2}$ মোল সালফার।

$\therefore$ $\frac{1}{6\cdot3}$ মোল কপার হইতে উৎপন্ন SO_2-এর পরিমাণ $\frac{1}{6\cdot3}$ মোল

এবং $\frac{1}{3\cdot2}$ " সালফার " " " " " $\frac{3}{3\cdot2}$ মোল

$\therefore$ $\frac{1}{6\cdot3}$ মোল $SO_2 = \frac{1\times22\cdot4}{6\cdot3}$ লিটার SO_2 এবং

$\frac{3}{3\cdot2}$ " $SO_2 = \frac{3\times22\cdot4}{3\cdot2}$ লিটার SO_2।

$\therefore$ $\frac{\text{কপার হইতে উৎপন্ন } SO_2 \text{ এর আয়তন}}{\text{সালফার " " " " "}} = \frac{\frac{22\cdot4}{6\cdot3}}{\frac{67\cdot2}{3\cdot2}}$

$\therefore$ SO_2 গ্যাসের আয়তন অনুপাত $= \frac{22\cdot4}{6\cdot3} : \frac{67\cdot2}{3\cdot2}$ বা 32 : 189

(৮) 0·109 গ্রাম একটি ধাতু লঘু অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিলে প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় যে আয়তনের শুষ্ক হাইড্রোজেন পাওয়া যায় তাহা ঐ অবস্থায় 37·5 c.c. অক্সিজেনের সহিত সম্পূর্ণভাবে বিক্রিয়া করে। ধাতুটির তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর।

এই প্রশ্নের সমাধান সাধারণ ভাবে প্রচলিত পদ্ধতিতে ইতিপূর্বে এই অধ্যায়ে দেওয়া আছে। মোল ধারণায় ইহার সমাধান নিম্নরূপ :

প্রশ্নানুসারে 75 c.c. হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

প্রমাণ অবস্থায় হাইড্রোজেনের গ্রাম-পারমাণবিক আয়তন = 11·2 লিটার

বা 11200 cc.।

($\because$ হাইড্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক)

$\therefore$ 75 cc. হাইড্রোজেন $= \frac{75}{11200}$ মোল তুল্যাঙ্ক হাইড্রোজেন।

মনে করি, ধাতুর তুল্যাঙ্ক ভার $= x$, তাহা হইলে 0·109 গ্রাম ধাতু $= \frac{0\cdot109}{x}$ মোল তুল্যাঙ্ক ধাতু। তাহা হইলে তুল্যাঙ্ক ভারের সংজ্ঞানুযায়ী,

$$\frac{75}{11200} = \frac{0\cdot109}{x} \quad \therefore \quad x = \frac{0\cdot109\times11200}{75} \text{ বা } 16\cdot27$$

(৯) 0·8567 গ্রাম কপার অক্সাইডকে হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করিয়া 0·6842 গ্রাম কপার পাওয়া যায়। কপারের তুল্যাঙ্ক ভার কত ?

মোল ধারণার সাহায্যে এই প্রশ্নের সমাধান এইরূপ :

কপার অক্সাইডের ওজন—অক্সিজেনের ওজন = কপারের ওজন

$\therefore$ অক্সিজেনের ওজন = 0·8567 গ্রাম − 0·6842 গ্রাম = 0·1725 গ্রাম

8 গ্রাম অক্সিজেন $= 0{\cdot}25$ মোল অক্সিজেন এবং

$0{\cdot}1725$ গ্রাম অক্সিজেন $= \frac{0{\cdot}1725}{32}$ মোল অক্সিজেন।

$\frac{0{\cdot}1725}{32}$ মোল অক্সিজেনের সহিত যুক্ত কপারের ওজন $0{\cdot}6842$ গ্রাম

তাহা হইলে $0{\cdot}25$ মোল ,, ,, ,, ,, ,, $\frac{32 \times 0{\cdot}6842 \times 0{\cdot}25}{0{\cdot}1725}$

বা $31{\cdot}73$ গ্রাম

$\therefore$ কপারের তুল্যাঙ্কভার $= 31{\cdot}73$

বিকল্পভাবে, অক্সিজেনের মোল তুল্যাঙ্ক $= 8$,

মনে করি কপারের তুল্যাঙ্কভার $= x$

$\therefore \frac{\text{অক্সিজেনের মোল তুল্যাঙ্ক}}{\text{কপারের তুল্যাঙ্কভার}} = \frac{0{\cdot}1725 \text{ গ্রাম}}{0{\cdot}6842 \text{ গ্রাম}}$

বা $\frac{8}{x} = \frac{0{\cdot}1725}{0{\cdot}6842}$ বা $x = 31{\cdot}73$

(১০) কপার সালফেট দ্রবণে $0{\cdot}14$ গ্রাম আয়রন চূর্ণ যোগ করায় $0{\cdot}1575$ গ্রাম কপার অধঃক্ষিপ্ত হয়। কপারের পারমাণবিক গুরুত্ব 63 হইলে আয়রনের পারমাণবিক গুরুত্ব কত ?

মোল ধারণার সাহায্যে এই প্রশ্নের সমাধান নিম্নরূপ ঃ

$Fe + CuSO_4 = FeSO_4 + Cu$। এই বিক্রিয়া হইতে ইহা স্পষ্ট যে 1-মোল কপার অধঃক্ষিপ্ত হইতে 1 মোল আয়রন প্রয়োজন। বিক্রিয়ায় কপারের মোল

$$= \frac{0{\cdot}1575}{63}$$

মনে করি, আয়রনের পারমাণবিক গুরুত্ব $= x$

তাহা হইলে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী আয়রনের মোল $= \frac{0{\cdot}14}{x}$

$\therefore \frac{0{\cdot}14}{x} = \frac{0{\cdot}1575}{63}$ বা $x = 56$, অর্থাৎ আয়রনের পারমাণবিক গুরুত্ব $= 56$

(১১) এক গ্রাম জিঙ্ক ক্লোরাইড জলে দ্রাবিত করিয়া উহাতে অতিরিক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ মিশাইলে $2{\cdot}110$ গ্রাম সিলভার অধঃক্ষিপ্ত হয়। জিঙ্কের তুল্যাঙ্ক কত ? ($Ag = 107{\cdot}88$, $Cl = 35{\cdot}46$)

মোল ধারণার পরিপ্রেক্ষিতে ইহার সমাধান এইরূপ ঃ

সিলভার ক্লোরাইডের মোল তুল্যাঙ্ক $= 107{\cdot}88 + 35{\cdot}46$ বা $143{\cdot}34$ গ্রাম

$2{\cdot}110$ গ্রাম $AgCl = \frac{2{\cdot}110}{143{\cdot}34}$ মোল তুল্যাঙ্ক $AgCl$

মনে করি $ZnCl_2$ এর মোল তুল্যাঙ্ক $= x$,

তাহা হইলে 1 গ্রাম $ZnCl_2 = \frac{1}{x}$ মোল তুল্যাঙ্ক $ZnCl_2$

$\therefore \frac{1}{x} = \frac{2 \cdot 110}{143 \cdot 34}$

($\because$ বিক্রিয়া মোল তুল্যাঙ্ক অনুপাতে হয়।)

$\therefore x = 67 \cdot 94$ গ্রাম। সুতরাং $ZnCl_2$ এর তুল্যাঙ্ক $= 67 \cdot 94$

জিঙ্কের তুল্যাঙ্কভার = জিঙ্ক ক্লোরাইডের তুল্যাঙ্কভার − ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার
$= 67 \cdot 94 - 35 \cdot 46$ বা $32 \cdot 48$

(১২) $27^\circ C$ তাপমাত্রা এবং 750 mm. চাপে 0·2044 গ্রাম কোন পদার্থকে বাষ্পীভূত করিলে ইহার আয়তন 111 ml. হয়। পদার্থটির আণবিক গুরুত্ব কত ?

মনে করি, প্রমাণ অবস্থায় গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন V_1 ml. ; তাহা হইলে সংযুক্ত গ্যাস সমীকরণ $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$ হইতে

$$\frac{760 \times V_1}{273} = \frac{750 \times 111}{273 + 27} \text{ বা } V_1 = 99 \cdot 68 \text{ ml.}$$

প্রমাণ অবস্থায় 99·68 ml. গ্যাসীয় পদার্থ $= \frac{99 \cdot 68}{22400}$ মোল বা 0·00444 মোল

$\therefore$ পদার্থটির আণবিক গুরুত্ব $= \frac{0 \cdot 2044 \text{ গ্রাম}}{0 \cdot 00444 \text{ মোল}} = 46 \cdot 30$

ষষ্ঠ অধ্যায়

অ্যাসিড, ক্ষারক ও লবণ

[**Syllabus :** Acidic, Basic, Amphoteric and Neutral Oxides. Hydracids and Oxyacids, Basic Oxides and hydroxides, Normal, Acid and Basic salts—Hydrolysis Equivalent weight of Acids, Bases and Salts. Standard Solutions—Normal and Molar (formal) Solutions, Neutralisation, Indicator. Chemical calculations on Acidimetry and Alkalimetry.]

(আলোচনার সুবিধার জন্য আলোচ্য অধ্যায়ে পাঠ্যসূচীর ক্রম সামান্য পরিবর্তন করা হইয়াছে।)

অ্যাসিড বা অম্ল (Acids) ঃ সাধারণভাবে বলিতে গেলে অম্ল বা অ্যাসিড এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু সমন্বিত যৌগ, যাহাদের হাইড্রোজেন পরমাণু সম্পূর্ণ বা আংশিক রূপে, প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে ধাতু বা ধাতুর ন্যায় ব্যবহারকারী যৌগমূলক দ্বারা প্রতিস্থাপনীয়।

এই প্রতিস্থাপন ক্রিয়া কতকগুলি ধাতুর সহিত সরাসরি সংঘটিত হইয়া হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়, আবার অনেক ক্ষেত্রে ধাতব অক্সাইড বা হাইড্রোক্সাইডের সহিত বিক্রিয়ায় প্রতিস্থাপন সংঘটিত হয়। ধাতুর সহিত (OH) মূলক সংযুক্ত যৌগই হাইড্রোক্সাইড। ধাতু বা ধাতুর ন্যায় ব্যবহারকারী যৌগমূলক দ্বারা অ্যাসিডের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হইয়া যে যৌগ উৎপন্ন হয় তাহাকে বলা হয় **লবণ** (Salt)।

অ্যাসিড জলে দ্রবণীয় হইলে ইহার জলীয় দ্রবণ সাধারণতঃ অম্লস্বাদযুক্ত হয়, নীল লিটমাসকে লাল করে এবং ধাতব অক্সাইড বা হাইড্রোক্সাইডের (ক্ষারক) সহিত বিক্রিয়ায় লবণ ও জল গঠন করে। কার্বনেট বা বাইকার্বনেটের সহিত বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপাদন অ্যাসিডের একটি বৈশিষ্ট্য।

$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$ | $MgO + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2O$

$Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2$ | $CaO + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + H_2O$

ধাতু অ্যাসিড লবণ | ধাতব অক্সাইড অ্যাসিড লবণ জল

$KOH + HNO_3 = KNO_3 + H_2O$ | $Na_2CO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + CO_2 + H_2O$

$Ca(OH)_2 + 2HCl = CaCl_2 + 2H_2O$ |

হাইড্রোক্সাইড অ্যাসিড লবণ জল

$NaHCO_3 + HCl = NaCl + CO_2 + H_2O.$

সুতরাং H_2SO_4, HNO_3, HCl প্রভৃতি হাইড্রোজেন-যৌগ অ্যাসিড।

দ্রষ্টব্য ঃ অ্যাসিডমাত্রেই হাইড্রোজেনের যৌগ কিন্তু হাইড্রোজেনের যৌগ মাত্রেই অ্যাসিড নহে। হাইড্রোজেনের যৌগের হাইড্রোজেন ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপনীয় না হইলে বা হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হইয়া লবণ গঠন না করিলে উহা অ্যাসিড শ্রেণীভুক্ত হইতে পারে না। যেমন মিথেন (CH_4) অণুর চারটি হাইড্রোজেন পরমাণুর কোনটিই ধাতু দ্বারা অপসারিত করা যায় না। আবার জলের সহিত পটাসিয়াম, সোডিয়াম ধাতুর বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হয়। কিন্তু ইহাতে লবণ গঠিত হয় না; সেইজন্য মিথেন, জল হাইড্রোজেন-যৌগ হইলেও অ্যাসিড নহে।

অ্যাসিডের শ্রেণী বিভাগঃ অ্যাসিডগুলিকে প্রধানতঃ দুই শ্রেণীতে ভাগ করা হয়।

(১) **হাইড্রা-অ্যাসিড (Hydracids) ঃ যে সকল অ্যাসিড হাইড্রোজেন এবং অপর একটি অধাতব মৌল (অক্সিজেন ব্যতীত) বা যৌগমূলকের সমন্বয়ে গঠিত তাহাদিগকে বলা হয় হাইড্রা-অ্যাসিড।**

লক্ষ্য করার বিষয়, এই সকল অ্যাসিডের নামের প্রথমে হাইড্রো (hydro) এবং পরে ইক্ (-ic) শব্দ যোগ করা হয়। যেমন,

HCl—হাইড্রো ক্লোরিক অ্যাসিড ; HCN—হাইড্রো সায়ানিক অ্যাসিড
HI—হাইড্রো আয়োডিক অ্যাসিড ; H_2S—হাইড্রো সালফিউরিক অ্যাসিড

(২) **অক্সি-অ্যাসিড (Oxyacids) ঃ যে সকল অ্যাসিড হাইড্রোজেন, অক্সিজেন এবং অপর একটি অধাতব মৌল বা যৌগ মূলক সংযোগে গঠিত তাহারা অক্সি-অ্যাসিড। এককথায়, যে অ্যাসিডের অণুতে অক্সিজেন বিদ্যমান তাহা অক্সি-অ্যাসিড।** অক্সি-অ্যাসিডের নামকরণ অধাতব মৌলের নামানুসারেই হয়। অধিক পরিমাণ অক্সিজেন যুক্ত অ্যাসিডের নামের শেষে (ic) এবং কম পরিমাণ অক্সিজেন যুক্ত অ্যাসিডের নামের শেষে আস্ (-ous) যোগ করাই রীতি। অধিকন্তু 'ইক' অ্যাসিড অপেক্ষা অধিক পরিমাণ অক্সিজেন থাকিলে ইক্ অ্যাসিডের নামের পূর্বে পার (per) এবং 'আস' অ্যাসিড অপেক্ষা কম পরিমাণ অক্সিজেন থাকিলে আস্ অ্যাসিডের নামের পূর্বে হাইপো (hypo) শব্দ যোগ করিতে হয়।

H_2SO_4—সালফিউরিক অ্যাসিড	H_2SO_3—সালফিউরাস অ্যাসিড।
HNO_3—নাইট্রিক অ্যাসিড	HNO_2—নাইট্রাস অ্যাসিড।
$HClO_3$—ক্লোরিক অ্যাসিড	$HClO_2$—ক্লোরাস অ্যাসিড।
$HClO_4$—পারক্লোরিক অ্যাসিড	HOCl—হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড।
H_3PO_4—ফসফরিক অ্যাসিড	H_3PO_3—ফসফরাস অ্যাসিড।
	H_3PO_2—হাইপোফসফরাস অ্যাসিড।

অ্যাসিডগুলিকে খনিজ (mineral) এবং জৈব এই দুই ভাগেও ভাগ করা হয়। খনিজ পদার্থ হইতে প্রস্তুত অ্যাসিডকেই বলা হয় খনিজ অ্যাসিড ; সাধারণ লবণ (NaCl) হইতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, সোডিয়াম ও পটাসিয়াম নাইট্রেট হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড, সালফার হইতে সালফিউরিক অ্যাসিড, ক্যালসিয়াম ফসফেট হইতে ফসফরিক অ্যাসিড পাওয়া যায় বলিয়া এই সকল অ্যাসিড খনিজ অ্যাসিড শ্রেণীভুক্ত। কার্বনযুক্ত অ্যাসিড, যাহাদের উৎস প্রাণী বা উদ্ভিদ, তাহাদিগকে বলা হয় জৈব অ্যাসিড (organic acids)। ফরমিক অ্যাসিড (HCOOH), অ্যাসিটিক অ্যাসিড (CH_3COOH) ইত্যাদি জৈব অ্যাসিডের উদাহরণ।

আবার প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেনের পরমাণুর সংখ্যা অনুসারে অ্যাসিডগুলিকে অন্যভাবে ভাগ করা হয়। যে অ্যাসিডের অণুতে প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু মাত্র একটি তাহা এক-ক্ষারিক (mono basic) অ্যাসিড। যথা, HCl, HNO_3, $HClO_3$ ইত্যাদি। ফরমিক অ্যাসিড ও অ্যাসিটিক অ্যাসিডের অণুতে একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু থাকিলেও উহাদের একটি হাইড্রোজেন পরমাণুই ধাতু দ্বারা

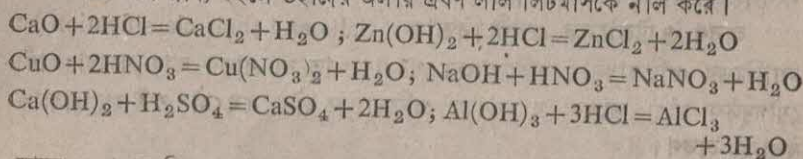
প্রতিস্থাপন করা যায়, সুতরাং ইহারাও এক-ক্ষারিক অ্যাসিড। একইভাবে অ্যাসিডে দুইটি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু থাকিলে ইহা দ্বি-ক্ষারিক (dibasic), তিনটি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু থাকিলে ইহা ত্রি-ক্ষারিক (tribasic)। H_2SO_4, H_2CO_3, H_2SO_3 ইত্যাদি দ্বি-ক্ষারিক এবং H_3PO_4 ত্রি-ক্ষারিক অ্যাসিড।

ক্ষারক (Bases) : সাধারণভাবে ধাতব অক্সাইড ও হাইড্রোক্সাইড সমূহকে ক্ষারক বলা হয়। ক্ষারক অ্যাসিডের বিপরীত ধর্মী। **ক্ষারক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় লবণ ও জল গঠন করে।** উপযুক্ত পরিমাণ অ্যাসিড ও ক্ষারকের বিক্রিয়ায় লবণ ও জল গঠন প্রক্রিয়াকে **প্রশমন** (neutralisation) বলে।

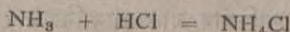
ক্ষারক জলে দ্রাব্য হইলে উহাদের জলীয় দ্রবণ লাল লিটমাসকে নীল করে।

$CaO+2HCl=CaCl_2+H_2O$; $Zn(OH)_2+2HCl=ZnCl_2+2H_2O$

$CuO+2HNO_3=Cu(NO_3)_2+H_2O$; $NaOH+HNO_3=NaNO_3+H_2O$

$Ca(OH)_2+H_2SO_4=CaSO_4+2H_2O$; $Al(OH)_3+3HCl=AlCl_3+3H_2O$

ক্ষারক + অ্যাসিড = লবণ + জল | ক্ষারক + অ্যাসিড = লবণ + জল।

দ্রষ্টব্য : অ্যামোনিয়া (NH_3) কোন ধাতুর অক্সাইড বা হাইড্রোক্সাইড নয়। কিন্তু ইহা অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় কেবলমাত্র লবণ উৎপন্ন করে (সঙ্গে জলের উৎপত্তি হয় না)। সংজ্ঞানুযায়ী সঠিক না হইলেও অ্যামোনিয়া ক্ষারক হিসাবে গণ্য।

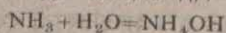
$$NH_3 + HCl = NH_4Cl$$

অ্যাসিড অ্যামোনিয়াম লবণ

ক্ষার বা অ্যালকালি (Alkalis) : জলে দ্রাব্য ক্ষারকীয় ধর্মবিশিষ্ট ধাতব হাইড্রোক্সাইড সমূহকে ক্ষার বা অ্যালকালি বলা হয়।

সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড (NaOH), পটাসিয়াম হাইড্রোক্সাইড (KOH), ক্যালসিয়াম হাইড্রোক্সাইড [$Ca(OH)_2$] ইত্যাদি অতি পরিচিত ক্ষার।

দেখা যায়, (১) ক্ষারগুলি তীব্রভাবে অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করে, (২) ক্ষারের জলীয় দ্রবণ লাল লিটমাসকে নীল করে, (৩) ক্ষারের জলীয় দ্রবণ সাবানের ন্যায় পিচ্ছিল হয়।

দ্রষ্টব্য : (১) ফেরিক হাইড্রোক্সাইড $Fe(OH)_3$, জিঙ্ক হাইড্রোক্সাইড $Zn(OH)_2$, অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রোক্সাইড $Al(OH)_3$ ইত্যাদি জলে অদ্রাব্য। ইহারা ক্ষারক হইলেও ক্ষার নহে। সুতরাং ক্ষার মাত্রেই ক্ষারক কিন্তু সমস্ত ক্ষারক ক্ষার নহে। (২) অ্যামোনিয়া (NH_3) জলে দ্রাবিত করিলে অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইড (NH_4OH) গঠিত হয়। ইহাও ক্ষার বলিয়া গণ্য।

$$NH_3+H_2O=NH_4OH$$

ক্ষারগ্রাহিতা (Basicity of an acid) **এবং অম্লগ্রাহিতা** (Acidity of a base) **:** উপযুক্ত পরিমাণ অ্যাসিড ও ক্ষারক পরস্পরকে প্রশমিত করিয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করে। অ্যাসিড কর্তৃক ক্ষারক দ্রব্য প্রশমিত করিবার ক্ষমতাকেই উহার ক্ষারগ্রাহিতা বলা হয়। অ্যাসিডের প্রতি অণুতে ধাতু বা ধাতুর ন্যায় ব্যবহারকারী যৌগমূলক দ্বারা প্রতিস্থাপনীয় যত সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে

সেই সংখ্যা দ্বারাই অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা প্রকাশ করা হয়, যেমন—HCl, HNO_3, HBr ইত্যাদির ক্ষারগ্রাহিতা 1 ; H_2SO_4, H_2SO_3, H_2CO_3 ইত্যাদির ক্ষারগ্রাহিতা 2 ; H_3PO_4 এর ক্ষারগ্রাহিতা 3।

পক্ষান্তরে, ক্ষারক কর্তৃক অ্যাসিড প্রশমিত করার ক্ষমতাকে উহার অম্লগ্রাহিতা বলে। ক্ষারকের প্রতি অণুতে যত সংখ্যক (OH) মূলক বিদ্যমান সেই সংখ্যা দ্বারাই ক্ষারকের অম্লগ্রাহিতা প্রকাশ করা হয়। যেমন—NaOH, KOH-এর অম্লগ্রাহিতা 1 ; $Zn(OH)_2$), $Mg(OH)_2$-এর অম্লগ্রাহিতা 2 ; $Al(OH)_3$-এর অম্লগ্রাহিতা 3 ইত্যাদি। যে সকল ক্ষারকে OH মূলক বিদ্যমান থাকে না, সেইসব ক্ষেত্রে এক অণু ক্ষারককে প্রশমিত করিলে যত সংখ্যক একক্ষারিক অ্যাসিডের অণু প্রয়োজন, সেই সংখ্যাই ক্ষারকের অম্লগ্রাহিতা নির্দেশ করে।

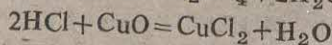
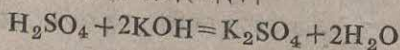
লবণ ও উহাদের শ্রেণী বিভাগ (Salts and their classification) : অ্যাসিডের প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতু বা ধাতুর ন্যায় ব্যবহারকারী যৌগমূলক দ্বারা অংশতঃ বা পূর্ণতঃ প্রতিস্থাপিত হইয়া যে যৌগ সৃষ্টি হয় তাহাকে বলা হয় **লবণ**।

HCl একটি অ্যাসিড। ইহার একটিমাত্র প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু সোডিয়াম বা অ্যামোনিয়াম যৌগমূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে NaCl, NH_4Cl যৌগ গঠিত হয়। H_2SO_4 অ্যাসিডে প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু সংখ্যা 2। ইহার হাইড্রোজেন পরমাণু সোডিয়াম বা অ্যামোনিয়াম যৌগমূলক দ্বারা আংশিক বা সম্পূর্ণভাবে প্রতিস্থাপিত হইলে যে সকল যৌগ পাওয়া যাইবে তাহা—

$NaHSO_4$; Na_2SO_4 ; NH_4HSO_4, $(NH_4)_2SO_4$। সুতরাং NaCl, NH_4Cl,$NaHSO_4$, Na_2SO_4 ইত্যাদি পদার্থ লবণ।

অ্যাসিড ও ক্ষারকের পরস্পর বিক্রিয়া-জাত পদার্থের কথা পূর্বেই বলা হইয়াছে। সুতরাং সেই অর্থে লবণের সংজ্ঞা নিম্নরূপ : অ্যাসিড ও ক্ষারকের বিক্রিয়ায় জলের সহিত অপর যে যৌগ উৎপন্ন হয় তাহাই লবণ।

$$H_2SO_4 + 2KOH = K_2SO_4 + 2H_2O$$

$$2HCl + CuO = CuCl_2 + H_2O$$

অ্যাসিড ক্ষারক লবণ জল

লবণকে সাধারণতঃ তিনটি শ্রেণীতে ভাগ করা হয়—

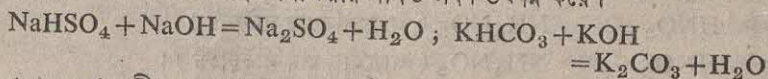
(১) শমিত বা পূর্ণ লবণ (Normal salts) : অ্যাসিডের প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতু (বা ধাতুর ন্যায় ব্যবহারকারী যৌগমূলক) দ্বারা সম্পূর্ণভাবে প্রতিস্থাপিত হইয়া যে লবণ উৎপন্ন হয় তাহাকে বলা হয় শমিত লবণ। যেমন,

অ্যাসিড	শমিত লবণ
HCl	KCl, NH_4Cl
H_2SO_4	K_2SO_4,$(NH_4)_2SO_4$
H_3PO_4	K_3PO_4, $(NH_4)_3PO_4$.

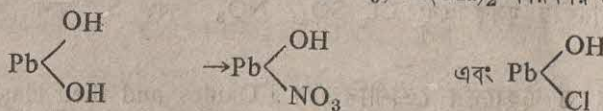
(খ) অ্যাসিড-লবণ, বাই-লবণ বা অর্ধ লবণ (Acid salts or bi-salts) : একাধিক প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন যুক্ত অ্যাসিডের হাইড্রোজেন পরমাণু আংশিকভাবে ধাতু বা ধাতুর ন্যায় ব্যবহারকারী যৌগমূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া যে লবণ উৎপন্ন হয় তাহাকে বলা হয় অ্যাসিড লবণ বা বাই-লবণ। যেমন,

অ্যাসিড	অ্যাসিড-লবণ বা বাই-লবণ
H_2SO_4	$NaHSO_4$ (সোডিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট বা সোডিয়াম বাই-সালফেট), NH_4HSO_4, $Ca(HSO_4)_2$ ইত্যাদি।
H_2CO_3	$NaHCO_3$(সোডিয়াম বাই-কার্বনেট), NH_4HCO_3 $Ca(HCO_3)_2$ ইত্যাদি।
H_3PO_4	NaH_2PO_4 (মনোসোডিয়াম ডাই-হাইড্রোজেন ফস্‌ফেট) Na_2HPO_4 (ডাই সোডিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেট)।

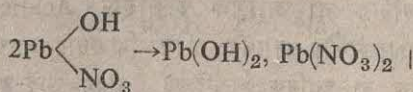
অ্যাসিড-লবণ ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় শমিত লবণ উৎপন্ন করে।

$$NaHSO_4 + NaOH = Na_2SO_4 + H_2O \; ; \; KHCO_3 + KOH = K_2CO_3 + H_2O$$

(ও) ক্ষারকীয় লবণ (Basic salts) : অনেক সময় অ্যাসিডের সহিত যে পরিমাণ ক্ষারক বিক্রিয়া করিলে শমিত লবণ পাওয়া যায় তাহা অপেক্ষা অধিক পরিমাণ ক্ষারক বিক্রিয়া করিয়া যে লবণ উৎপন্ন করে তাহাকে বলা হয় ক্ষারকীয় লবণ। আবার, ক্ষারের (OH) মূলককে অংশতঃ অ্যাসিডমূলক বা অধাতু (যথা Cl, NO_3, SO_4 ইত্যাদি) দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিয়া যে লবণ পাওয়া যায় তাহাও ক্ষারকীয় লবণ।

ক্ষারক		ক্ষারকীয় লবণ
$2Cu(OH)_2$	→	$CuCO_3$, $Cu(OH)_2$ ক্ষারকীয় কপার কার্বনেট
$3Pb(OH)_2$	→	$2PbCO_3$, $Pb(OH)_2$ ক্ষারকীয় লেড কার্বনেট

$$Pb\begin{matrix} OH \\ OH \end{matrix} \rightarrow Pb\begin{matrix} OH \\ NO_3 \end{matrix} \quad \text{এবং} \quad Pb\begin{matrix} OH \\ Cl \end{matrix}$$

ক্ষারকীয় লেড নাইট্রেট   ক্ষারকীয় লেড ক্লোরাইড

এই সকল ক্ষারকীয় লবণকে ক্ষারক ও শমিত লবণের মিশ্রণরূপে মনে করা যাইতে পারে।

$$2Pb\begin{matrix} OH \\ NO_3 \end{matrix} \rightarrow Pb(OH)_2, \; Pb(NO_3)_2 \text{।}$$

লবণের নামকরণ : লবণের নামকরণের জন্য কতকগুলি সাধারণ নিয়ম আছে। হাইড্রা-অ্যাসিডের লবণের নাম উহাতে উপস্থিত অধাতুর নামানুসারে হয় এবং নামের শেষে আইড (ide) শব্দ যুক্ত থাকে। যেমন,

অ্যাসিড	লবণ
HCl	NaCl (সোডিয়াম ক্লোরাইড), $MgCl_2$ (ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড)
HBr	KBr (পটাসিয়াম ব্রোমাইড), $ZnBr_2$ (জিঙ্ক ব্রোমাইড)।
HCN	NaCN (সোডিয়াম সায়ানাইড)
H_2S	K_2S (পটাসিয়াম সালফাইড)।

অক্সি-অ্যাসিডের লবণের নাম উহাতে উপস্থিত অক্সিজেন ব্যতীত অপর অধাতব মৌলের নামানুসারে হয়। -ইক্ (-ic) এবং -আস্ (-ous) অ্যাসিডের লবণের নামের শেষে যথাক্রমে— -এট (-ate) এবং -আইট (-ite) যুক্ত করা হয়।

অ্যাসিড	লবণ
H_2SO_4	Na_2SO_4 (সোডিয়াম সালফেট)—$CaSO_4$ (ক্যালসিয়াম সালফেট)।
H_2SO_3	K_2SO_3 (পটাসিয়াম সালফাইট)।
HNO_3	NH_4NO_3 (অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট)।
HNO_2	NH_4NO_2 (অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট)।

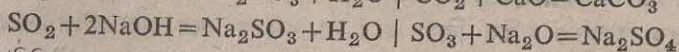
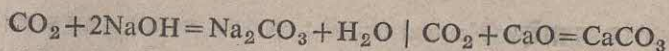
উপরে শুধু শমিত লবণের নাম করা হইয়াছে। অ্যাসিড লবণ বা বাই-লবণের নাম সম্বন্ধে ইতিপূর্বেই বলা হইয়াছে। একাধিক যোজ্যতাসম্পন্ন ধাতুর লবণের ক্ষেত্রে নিম্নতর যোজ্যতাসম্পন্ন ধাতুর লবণের শেষে -আস (-ous) এবং উচ্চতর যোজ্যতার লবণের শেষে (-ic) যোগ করা হয়। যেমন,

$FeCl_2$ (ফেরাস ক্লোরাইড), $FeCl_3$ (ফেরিক ক্লোরাইড)

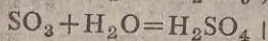
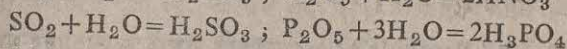
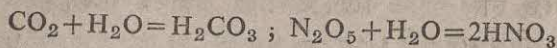
প্রতিটি লবণকে আবার দুইটি অংশে ভাগ করা হয়—একটি ধাতব বা ক্ষারকীয় মূলক (basic radical) এবং অপরটি অধাতব বা অ্যাসিড মূলক (acid radical)।

NaCl, $(NH_4)_2SO_4$, $Ca(NO_3)_2$, ZnS প্রভৃতি লবণে Na, NH_4, Ca, Zn অংশ ক্ষারকীয় মূলক এবং Cl, SO_4, NO_3 এবং S অংশ অ্যাসিড মূলক।

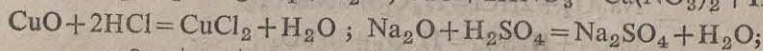
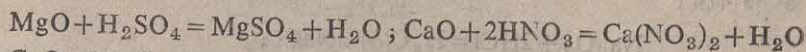
অক্সাইড ও উহাদের শ্রেণীবিভাগ (Oxides and their classifications) : কোন মৌল অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া যে যৌগ গঠন করে তাহাকে সেই মৌলের **অক্সাইড** বলে। অক্সাইডগুলিকে উহাদের ধর্ম ও ব্যবহার অনুযায়ী বিভিন্ন শ্রেণীতে ভাগ করা হইয়াছে।

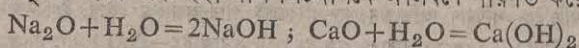
(ক) অ্যাসিডিক বা আম্লিক অক্সাইড (Acidic oxide) : যে সকল অধাতব অক্সাইড ক্ষারজাতীয় পদার্থের সহিত বিক্রিয়ায় লবণ ও জল উৎপন্ন করে তাহারা অ্যাসিডিক বা আম্লিক অক্সাইড। কার্বন ডাই-অক্সাইড, সালফার ডাই-অক্সাইড, সালফার ট্রাই-অক্সাইড, নাইট্রোজেন পেন্টোক্সাইড ইত্যাদি আম্লিক অক্সাইড। অনেক সময় ইহারা কতকগুলি ধাতব ক্ষারধর্মী অক্সাইডের সহিত যুক্ত হইয়া লবণ তৈয়ারী করে।

$CO_2 + 2NaOH = Na_2CO_3 + H_2O$ | $CO_2 + CaO = CaCO_3$
$SO_2 + 2NaOH = Na_2SO_3 + H_2O$ | $SO_3 + Na_2O = Na_2SO_4$
অ্যাসিডিক ক্ষার লবণ জল অ্যাসিডিক ক্ষারকীয় লবণ
অক্সাইড অক্সাইড অক্সাইড

জলে দ্রবণীয় হইলে ইহারা অ্যাসিড উৎপন্ন করে এবং নীল লিটমাসকে লাল করে।

$CO_2 + H_2O = H_2CO_3$; $N_2O_5 + H_2O = 2HNO_3$
$SO_2 + H_2O = H_2SO_3$; $P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$
$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$ ।

জল সংযোগে যে আম্লিক অক্সাইড হইতে যে অ্যাসিড পাওয়া যায় সেই অক্সাইডকে সেই অ্যাসিডের নিরুদক (anhydride) বলা হয়। যেমন, CO_2 কার্বনিক অ্যাসিডের, SO_2-সালফিউরাস অ্যাসিডের নিরুদক।

(খ) **ক্ষারকীয় অক্সাইড** (Basic oxide) ঃ যে সকল ধাতব অক্সাইড অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করে তাহারা ক্ষারকীয় অক্সাইড। কপার অক্সাইড, ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড, ক্যালসিয়াম অক্সাইড, সোডিয়াম অক্সাইড ইত্যাদি ক্ষারকীয় অক্সাইড।

$MgO + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2O$; $CaO + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + H_2O$
$CuO + 2HCl = CuCl_2 + H_2O$; $Na_2O + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O$;

জলে দ্রবণীয় হইলে ইহারা ক্ষার উৎপন্ন করে। দ্রবণে 'OH' বা হাইড্রোক্সিল যৌগ-মূলক থাকে এবং ইহা লাল লিটমাসকে নীলবর্ণে পরিণত করে।

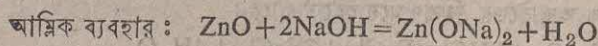
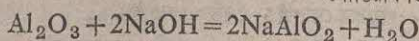
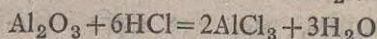
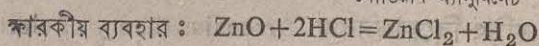
$Na_2O + H_2O = 2NaOH$; $CaO + H_2O = Ca(OH)_2$

MgO জলে অল্প দ্রাব্য, আবার CuO অদ্রাব্য। আম্লিক ও ক্ষারকীয় অক্সাইড পরস্পর বিপরীতধর্মী অক্সাইড। অনেক সময় এই দুই জাতীয় অক্সাইডের সংযোগে লবণ উৎপন্ন হয়। $CaO + CO_2 = CaCO_3$; $Na_2O + SO_3 = Na_2SO_4$

(গ) **উভধর্মী অক্সাইড** (Amphoteric oxde) ঃ কোন কোন অক্সাইডের মধ্যে আম্লিক ও ক্ষারকীয় উভয় শ্রেণীর অক্সাইডের ধর্ম বিদ্যমান দেখা যায়। উহারা অ্যাসিড ও ক্ষারক উভয়ের সহিত বিক্রিয়া করিয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করে। এই সকল অক্সাইডকে উভধর্মী অক্সাইড বলে। যেমন, জিঙ্ক অক্সাইড, অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড।

আম্লিক ব্যবহার ঃ $ZnO + 2NaOH = Zn(ONa)_2 + H_2O$
সোডিয়াম জিঙ্কেট

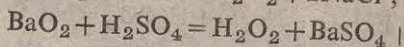
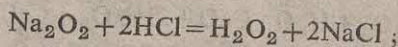
$Al_2O_3 + 2NaOH = 2NaAlO_2 + H_2O$
সোডিয়াম অ্যালুমিনেট

ক্ষারকীয় ব্যবহার ঃ $ZnO + 2HCl = ZnCl_2 + H_2O$

$Al_2O_3 + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2O$

(ঘ) **প্রশম অক্সাইড** (Neutral oxide) : যে সমস্ত অধাতব অক্সাইড অ্যাসিড বা ক্ষারক কাহারও সহিত ক্রিয়া করে না, যাহারা জলে দ্রাব্য হইলে লিটমাসের রঙের কোন পরিবর্তন করে না, তাহাদিগকে বলা হয় **প্রশম অক্সাইড**। জল, কার্বন মনোক্সাইড, নাইট্রাস অক্সাইড (N_2O), নাইট্রিক অক্সাইড ইত্যাদি এই শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত।

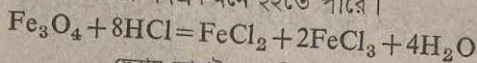
এই সকল অক্সাইড ছাড়া আরও কয়েক প্রকারের অক্সাইড আছে। সংক্ষেপে ইহাদের আলোচনা প্রাসঙ্গিক মনে করি।

(ঙ) **পার-অক্সাইড** (Peroxide) : কতকগুলি অক্সাইডে তাহাদের সাধারণ অক্সাইড অপেক্ষা অক্সিজেনের অনুপাত বেশী থাকে। যেমন হাইড্রোজেনের সাধারণ অক্সাইড জল (H_2O), কিন্তু অতিরিক্ত পরিমাণ অক্সিজেন সংযোগে হাইড্রোজেন আরও একটি অক্সাইড দেয়, তাহাকে বলা হয় হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড (H_2O_2)। কতকগুলি ধাতব পার-অক্সাইডও জানা আছে। যেমন সোডিয়াম পার-অক্সাইড (Na_2O_2), বেরিয়াম পার অক্সাইড (BaO_2)। প্রসঙ্গতঃ বলা দরকার, সোডিয়াম ও বেরিয়ামের সাধারণ ক্ষারকীয় অক্সাইড যথাক্রমে Na_2O এবং BaO। ধাতব পার-অক্সাইড শীতল ও লঘু অ্যাসিডের সংস্পর্শে আসিলেই হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$Na_2O_2 + 2HCl = H_2O_2 + 2NaCl \; ;$$
$$BaO_2 + H_2SO_4 = H_2O_2 + BaSO_4 \; ।$$

উত্তাপ প্রয়োগে পার-অক্সাইডের অক্সিজেনের একাংশ মুক্ত হইয়া যায়।

মনে রাখিতে হইবে অতিরিক্ত পরিমাণ অক্সিজেন যুক্ত থাকিলেই পার-অক্সাইড হইবে, ইহা ঠিক নহে। যেমন লেড ডাই-অক্সাইড, PbO_2—(লেডের সাধারণ অক্সাইড লেড মনোক্সাইড—PbO) ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড, MnO_2 (ম্যাঙ্গানিজের সাধারণ অক্সাইড ম্যাঙ্গানাস অক্সাইড MnO)। উহারা অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দেয় না। সেইজন্য অক্সিজেনের পরিমাণ বেশী থাকা সত্ত্বেও লেড পার-অক্সাইড, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড পার-অক্সাইড নহে।

(চ) **যুগ্ম অক্সাইড** (Mixed oxide) : কোন কোন অক্সাইডের সঙ্কেত লক্ষ্য করিলে মনে হয় ইহারা একই ধাতুর বিভিন্ন যোজ্যতার দুইটি বিভিন্ন অক্সাইডের সম্মিলিত যৌগ। অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া উহারা দুই রকম লবণ উৎপন্ন করে, উহাতে ধাতুর বিভিন্ন যোজ্যতা প্রকাশ পায়। ইহাদিগকে বলা হয় **যুগ্ম অক্সাইড**। যেমন, ফেরোসোফেরিক অক্সাইড, Fe_3O_4 (FeO, Fe_2O_3) এই অক্সাইডকে ফেরাস অক্সাইড ও ফেরিক অক্সাইডের মিশ্রণ মনে হইতে পারে।

$$Fe_3O_4 + 8HCl = \underset{\text{ফেরাস ক্লোরাইড}}{FeCl_2} + \underset{\text{ফেরিক ক্লোরাইড}}{2FeCl_3} + 4H_2O$$

রেড লেড, Pb_3O_4($2PbO$, PbO_2) আর একটি যুগ্ম-অক্সাইড।

আরহেনিয়াসের তড়িৎ-বিয়োজনবাদ (Arrhenius theory of electrolytic dissociation) : অ্যাসিড, ক্ষার, লবণ প্রভৃতি তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের

কতকগুলি বৈশিষ্ট্য ব্যাখ্যা করিতে গিয়া বিজ্ঞানী আরহেনিয়াস যে তড়িৎ-বিয়োজনবাদ প্রবর্তন করেন তাহা এইরূপ :—

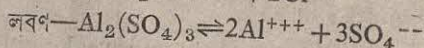
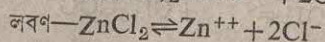
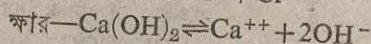
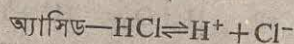
গলিত অবস্থায় বা জলীয় দ্রবণে অ্যাসিড, ক্ষার ও লবণের অণুগুলির স্বল্পাধিক অংশ স্বতঃস্ফূর্তভাবে ভাঙ্গিয়া বিপরীত তড়িৎ-ধর্মী দুইটি ক্ষুদ্রতর অংশে বিয়োজিত বা বিশ্লিষ্ট হয়। ইহাদের একাংশ পরা (+) তড়িৎযুক্ত এবং অপরাংশ অপরা (−) তড়িৎযুক্ত। এইরূপে তড়িৎবিশ্লেষ্যের বিয়োজনে সৃষ্ট এবং তড়িৎযুক্ত পরমাণু বা মূলককে বলা হয় **আয়ন** এবং তড়িৎ-বিশ্লেষ্যকে জলে দ্রবীভূত করিয়া বা উত্তাপে গলাইয়া আয়নে বিভক্ত করাকে **আয়নীভবন** (ionisation) বলে। পরা-তড়িৎ-যুক্ত পরমাণু বা মূলককে পজিটিভ আয়ন বা **ক্যাটায়ন** (cation) এবং অপরা-তড়িৎ-যুক্ত পরমাণু বা মূলককে বলা হয় নেগেটিভ আয়ন বা **অ্যানায়ন** (anion)। ক্যাটায়ন নির্দেশ করিতে পরমাণু বা মূলকের উপর (+) চিহ্ন এবং অ্যানায়ন নির্দেশ করিতে পরমাণু বা মূলকের উপর (−) চিহ্ন ব্যবহৃত হয়। [(+) চিহ্ন পরা তড়িতের একটি একক এবং (−) চিহ্ন অপরা-তড়িতের একটি একক বুঝায়।]

অধিকন্তু, উৎপন্ন আয়নগুলি এবং অপরিবর্তিত অণুগুলি দ্রবণে সাম্যাবস্থা রক্ষা করে। এই বিয়োজন স্বভাবতঃই উভমুখী।

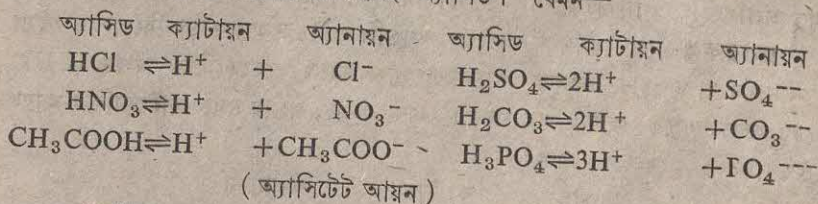
অ্যাসিড—$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$

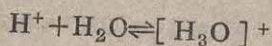
ক্ষার—$Ca(OH)_2 \rightleftharpoons Ca^{++} + 2OH^-$

লবণ—$ZnCl_2 \rightleftharpoons Zn^{++} + 2Cl^-$

লবণ—$Al_2(SO_4)_3 \rightleftharpoons 2Al^{+++} + 3SO_4^{--}$

আয়নিক তত্ত্ব বা তড়িৎ-বিয়োজনবাদের পরিপ্রেক্ষিতে অ্যাসিড, ক্ষারক ও লবণের সংক্ষিপ্ত আলোচনা প্রাসঙ্গিক বলিয়াই নীচে দেওয়া হইল।

অ্যাসিড ঃ যে যৌগিক পদার্থের অণুগুলি জলীয় দ্রবণে তড়িৎ-বিয়োজিত হইয়া ক্যাটায়ন বা পরা-বিদ্যুৎযুক্ত আয়নরূপে কেবলমাত্র এক বা একাধিক হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) দেয় তাহাদিগকে অ্যাসিড বলা হয়। এক কথায়, জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন আয়ন উৎপাদনকারী যৌগই অ্যাসিড। যেমন—

অ্যাসিড	ক্যাটায়ন	অ্যানায়ন	অ্যাসিড	ক্যাটায়ন	অ্যানায়ন
$HCl \rightleftharpoons$	H^+	$+ Cl^-$	$H_2SO_4 \rightleftharpoons$	$2H^+$	$+SO_4^{--}$
$HNO_3 \rightleftharpoons$	H^+	$+ NO_3^-$	$H_2CO_3 \rightleftharpoons$	$2H^+$	$+CO_3^{--}$
$CH_3COOH \rightleftharpoons$	H^+	$+CH_3COO^-$ (অ্যাসিটেট আয়ন)	$H_3PO_4 \rightleftharpoons$	$3H^+$	$+PO_4^{---}$

এখানে উল্লেখ থাকা প্রয়োজন, জলীয় দ্রবণে প্রতিটি H^+ আয়ন মুক্ত অবস্থায় না থাকিয়া এক অণু জলের সহিত যুক্ত হইয়া হাইড্রোক্সোনিয়াম (hydroxonium) আয়ন $[H_3O]^+$ গঠন করে।

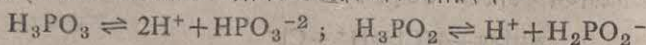
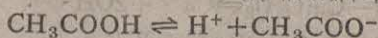
$$H^+ + H_2O \rightleftharpoons [H_3O]^+$$

তবে সহজভাবে ব্যক্ত করিবার জন্য শুধু H^+ লিখা হয়। অ্যাসিডের দ্রবণের সমস্ত বৈশিষ্টই অ্যাসিড হইতে উৎপন্ন H^+ আয়নের উপর নির্ভরশীল ; সেইজন্য বিশুদ্ধ জলমুক্ত হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (HCl) অ্যাসিড-ধর্ম প্রকাশ করে না।

আবার এক অণু অ্যাসিড হইতে দ্রবণে আয়নিত অবস্থায় যত সংখ্যক হাইড্রোজেন আয়ন সৃষ্ট হয় সেই সংখ্যাই অ্যাসিডের **ক্ষারগ্রাহিতা**।

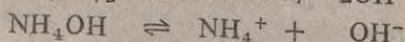
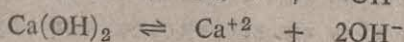
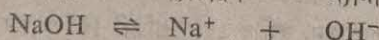
উপরের উদাহরণ হইতে ইহা স্পষ্ট যে HCl, HNO_3, CH_3COOH প্রভৃতি অ্যাসিডের ক্ষার-গ্রাহিতা 1 অর্থাৎ উহারা এক-ক্ষারিক এবং H_2SO_4 এবং H_2CO_3 অ্যাসিড দুইটির ক্ষারগ্রাহিতা 2 বা উহারা দ্বি-ক্ষারিক এবং H_3PO_4 এর ক্ষার-গ্রাহিতা 3 বা উহা ত্রি-ক্ষারিক।

অ্যাসিডের অণুতে বিদ্যমান সকল হাইড্রোজেন পরমাণুই যে আয়নিত হইবে তাহার কোন স্থিরতা নাই। নিম্নলিখিল অ্যাসিডগুলির আয়নীভবন লক্ষ্য করিলে দেখা যায়, ফসফরাস অ্যাসিডে তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণু থাকা সত্ত্বেও ইহা জলীয় দ্রবণে মাত্র দুইটি হাইড্রোজেন আয়ন উৎপন্ন করে অর্থাৎ ইহা দ্বি-ক্ষারিক। তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণুবিশিষ্ট হাইপোফসফরাস অ্যাসিড এবং চারিটি হাইড্রোজেন পরমাণু সমন্বিত অ্যাসিটিক অ্যাসিড উভয়েই এক-ক্ষারিক।

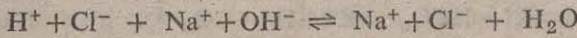
$$\underset{\text{ফসফরাস অ্যাসিড}}{H_3PO_3} \rightleftharpoons 2H^+ + HPO_3^{-2} \; ; \quad \underset{\text{হাইপোফসফরাস অ্যাসিড}}{H_3PO_2} \rightleftharpoons H^+ + H_2PO_2^-$$

$$\underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CH_3COOH} \rightleftharpoons H^+ + CH_3COO^-$$

তীব্র ও মৃদু অ্যাসিড (Strong acid and weak acid) : আয়নিত হওয়ার প্রবণতার উপর নির্ভর করিয়া অ্যাসিডগুলিকে দুই ভাগে বিভক্ত করা হয়।

যে অ্যাসিড লঘু জলীয় দ্রবণে অধিক পরিমাণে হাইড্রোজেন আয়ন উৎপন্ন করে তাহাকে বলা হয় তীব্র অ্যাসিড। HCl, HNO_3, H_2SO_4 ইত্যাদি তীব্র অ্যাসিডের উদাহরণ। আবার যে অ্যাসিড লঘু জলীয় দ্রবণে অল্পসংখ্যক হাইড্রোজেন আয়ন উৎপন্ন করে এবং অধিকাংশই তড়িৎ-নিরপেক্ষ অণুরূপে থাকে তাহাকে বলা হয় মৃদু অ্যাসিড। অ্যাসিটিক অ্যাসিড, কার্বনিক অ্যাসিড প্রভৃতি এই শ্রেণীভুক্ত।

ক্ষারক : যে যৌগিক পদার্থের অণুগুলি জলীয় দ্রবণে তড়িৎ-বিয়োজিত হইয়া অ্যানায়ন বা অপরা-তড়িৎযুক্ত আয়নরূপে কেবলমাত্র হাইড্রোক্সিল আয়ন $(OH)^-$ দেয় তাহাদিগকে ক্ষারক বলা হয়। এক কথায়, জলীয় দ্রবণে হাইড্রোক্সিল আয়ন উৎপাদনকারী যৌগই ক্ষারক।

ক্ষার		ক্যাটায়ন		অ্যানায়ন
$NaOH$	$\rightleftharpoons$	Na^+	+	OH^-
$Ca(OH)_2$	$\rightleftharpoons$	Ca^{+2}	+	$2OH^-$
NH_4OH	$\rightleftharpoons$	NH_4^+	+	OH^-

ক্ষার দ্রবণের বৈশিষ্ট্য উহা হইতে উদ্ভূত OH^- আয়নের উপর নির্ভরশীল

অ্যাসিড ও ক্ষার পরস্পর বিক্রিয়ায় যে লবণ ও জল উৎপন্ন করে তাহাতে প্রকৃত-পক্ষে অ্যাসিডের হাইড্রোজেন আয়ন এবং ক্ষারের হাইড্রোক্সিল আয়ন অংশ গ্রহণ করিয়া অবিয়োজিত জলের অণু সৃষ্টি করে।

$$\underbrace{H^+ + Cl^-}_{\text{অ্যাসিড}} + \underbrace{Na^+ + OH^-}_{\text{ক্ষারক}} \rightleftharpoons \underbrace{Na^+ + Cl^-}_{\text{লবণ}} + \underbrace{H_2O}_{\text{জল}}$$

আবার এক অণু ক্ষার হইতে দ্রবণে আয়নিত অবস্থায় যত সংখ্যক হাইড্রোক্সিল আয়ন সৃষ্ট হয় সেই সংখ্যাই ক্ষারের **অ্যাসিডগ্রাহিতা**। এই হিসাবে NaOH-এর অ্যাসিডগ্রাহিতা 1 এবং $Ca(OH)_2$-এর অ্যাসিডগ্রাহিতা 2।

তীব্র ক্ষার ও মৃদু ক্ষার (Strong alkali and weak alkali) : যে ক্ষার লঘু জলীয় দ্রবণে অধিক পরিমাণে OH^- আয়ন উৎপন্ন করে তাহাকে বলা হয় তীব্র ক্ষার। যেমন—NaOH, KOH ইত্যাদি তীব্র ক্ষারের উদাহরণ।

পক্ষান্তরে, যে ক্ষার লঘু জলীয় দ্রবণে স্বল্পসংখ্যক OH^- আয়ন উৎপন্ন করে এবং অধিকাংশই তড়িৎ-নিরপেক্ষ অণুরূপে বর্তমান থাকে তাহা মৃদু ক্ষার। NH_4OH একটি মৃদু ক্ষার।

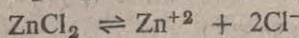
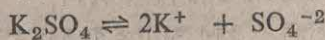
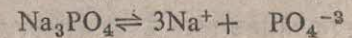
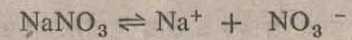
প্রসঙ্গত উল্লেখ থাকা প্রয়োজন যে, পরবর্তীকালে অ্যাসিড ও ক্ষারকের সংজ্ঞা অন্যভাবে দেওয়া হইয়াছে। একটি প্রোটন ও একটি ইলেকট্রনের সমবায়ে হাইড্রোজেন পরমাণু গঠিত। হাইড্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রনটি অপসারিত হইলে H^+ আয়ন পাওয়া যায়। ইহা একটি প্রোটন ছাড়া কিছুই নয়। সেইজন্য H^+ আয়নকে প্রোটনরূপে গণ্য করা যায়। আমরা জানি, অ্যাসিডমাত্রই দ্রবণে এক বা একাধিক H^+ আয়ন উৎপন্ন করে। ইহার উপর ভিত্তি করিয়া বিজ্ঞানী ব্রনস্টেড এবং লাউরী (Bronsted and Lowry) অ্যাসিড ও ক্ষারকের যে নূতন সংজ্ঞা দেন তাহা এইরূপ :

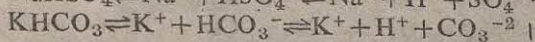
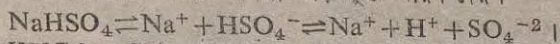
যে সকল পদার্থের প্রোটন ত্যাগের প্রবণতা আছে তাহারাই অ্যাসিড। পক্ষান্তরে **প্রোটন গ্রহণের প্রবণতাসম্পন্ন পদার্থ মাত্রেই ক্ষারক।** এই প্রোটন ত্যাগ বা গ্রহণের প্রবণতার উপর কোন অ্যাসিড বা ক্ষার তীব্র কি মৃদু তাহা নির্ভর করে। এই সকল পদার্থ তড়িৎনিরপেক্ষ অণু বা তড়িতাহিত আয়নও হইতে পারে।

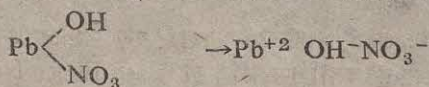
এই স্তরের শিক্ষার্থীর জন্য ব্রনস্টেড-লাউরী-তত্ত্বের বিস্তারিত আলোচনা অপ্রয়োজনীয় বলিয়া দেওয়া হইল না।

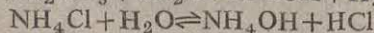
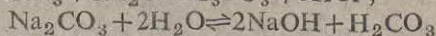
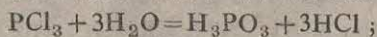
লবণ : যে সকল যৌগিক পদার্থের অণুগুলি জলীয় দ্রবণে তড়িৎ-বিয়োজিত হইয়া হাইড্রোজেন আয়ন ছাড়াও ক্যাটায়ন বা পরা-বিদ্যুৎযুক্ত অন্যান্য আয়ন এবং হাইড্রোক্সিল আয়ন ছাড়াও অ্যানায়ন বা অপরা-বিদ্যুৎযুক্ত অন্যান্য আয়ন উৎপন্ন করে তাহাদিগকে লবণ বলে।

নরম্যাল বা শমিত লবণ : এই সকল লবণের দ্রবণে হাইড্রোজেন আয়ন ব্যতীত অন্যান্য পরা-বিদ্যুৎযুক্ত আয়ন এবং হাইড্রোক্সিল আয়ন ব্যতীত অন্যান্য অপরা-বিদ্যুৎযুক্ত আয়ন থাকে। যেমন—

শমিত লবণ	ক্যাটায়ন	অ্যানায়ন	শমিত লবণ	ক্যাটায়ন	অ্যানায়ন
$K_2SO_4 \rightleftharpoons$	$2K^+$ +	SO_4^{-2}	$NaNO_3 \rightleftharpoons$	Na^+ +	NO_3^-
$ZnCl_2 \rightleftharpoons$	Zn^{+2} +	$2Cl^-$	$Na_3PO_4 \rightleftharpoons$	$3Na^+$ +	PO_4^{-3}

অ্যাসিড-লবণ বা বাই-লবণ আয়নিত হইয়া H^+ আয়নসহ পরা-তড়িৎযুক্ত আয়ন এবং OH^- ব্যতীত অন্যান্য অপরা-তড়িৎযুক্ত আয়ন দেয়।

$NaHSO_4 \rightleftharpoons Na^+ + HSO_4^- \rightleftharpoons Na^+ + H^+ + SO_4^{-2}$।
$KHCO_3 \rightleftharpoons K^+ + HCO_3^- \rightleftharpoons K^+ + H^+ + CO_3^{-2}$।

ক্ষারকীয় লবণে ধাতুর ক্যাটায়ন, OH^- আয়নসহ বিভিন্ন অ্যানায়ন থাকে।

$$Pb\begin{matrix} OH \\ NO_3 \end{matrix} \rightarrow Pb^{+2}\ OH^- NO_3^-$$

আর্দ্র-বিশ্লেষণ (Hydrolysis): জলের সহিত বিক্রিয়ায় কোন কোন যৌগ সম্পূর্ণ বা আংশিকভাবে বিযোজিত হইয়া নূতন পদার্থের সৃষ্টি করে। সাধারণ অর্থে, জলের দ্বারা যৌগের এই রাসায়নিক পরিবর্তনকে আর্দ্র-বিশ্লেষণ বলা হয়। যেমন,

$$PCl_3 + 3H_2O = H_3PO_3 + 3HCl\ ;$$
$$Na_2CO_3 + 2H_2O \rightleftharpoons 2NaOH + H_2CO_3$$
$$NH_4Cl + H_2O \rightleftharpoons NH_4OH + HCl$$

সাধারণভাবে প্রশম লবণের জলীয় দ্রবণে অ্যাসিড বা ক্ষারের গুণ থাকার কথা নয়। কিন্তু সোডিয়াম কার্বনেটের জলীয় দ্রবণ যেমন ক্ষারধর্মী, তেমনই অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণে অ্যাসিডধর্ম দেখা যায়। সোডিয়াম কার্বনেট প্রশম লবণ হওয়া সত্ত্বেও জলে দ্রবীভূত করিলে উহার কতকাংশ জলের দ্বারা বিশ্লেষিত হইয়া সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড (ক্ষার) এবং কার্বনিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। তীব্রতার বিচারে সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড কার্বনিক অ্যাসিড অপেক্ষা তীব্র বলিয়া সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণে ক্ষারের ধর্ম প্রকাশ পায়। একইভাবে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড জলীয় দ্রবণে আংশিক বিয়োজিত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (তীব্র অ্যাসিড) এবং অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইড (মৃদুক্ষার) দেয়, ফলে ইহার জলীয় দ্রবণ অ্যাসিডধর্মী হয়।

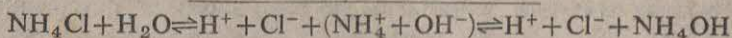
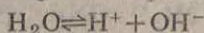
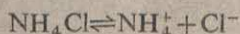
জলের দ্বারা প্রশম লবণের এইরূপ বিয়োজনকেই লবণের **আর্দ্র বিশ্লেষণ** বলে। এই প্রক্রিয়ায় প্রশম লবণের আংশিক বিয়োজনে যে অ্যাসিড ও ক্ষার উৎপন্ন হয় সেই অ্যাসিড ও ক্ষারের বিক্রিয়া দ্বারাই লবণটি পাওয়া যায়। সুতরাং লবণের আর্দ্র বিশ্লেষণকে প্রশমন ক্রিয়ার আংশিক বিপরীত ক্রিয়া বলা যাইতে পারে।

আয়নিক তত্ত্ব বা তড়িৎ-বিয়োজনবাদ অনুসারে আর্দ্র-বিশ্লেষণের সঠিক ব্যাখ্যা দেওয়া যায়। এই প্রক্রিয়ায় প্রকৃতপক্ষে জলীয় দ্রবণে লবণ হইতে উদ্ভূত আয়নগুলি এবং জলের অতি সামান্য তড়িৎ-বিযোজনে উৎপন্ন আয়নের মধ্যে পারস্পরিক বিক্রিয়া ঘটিয়া দ্রবণে অ্যাসিড বা ক্ষারধর্ম প্রকাশ পায়। জল অতি দুর্বল তড়িৎ-বিশ্লেষ্য। কোন লবণের দ্রবণ ক্ষারধর্মী হইবে কি অ্যাসিডধর্মী হইবে, তাহা লবণ যে-অ্যাসিড ও ক্ষারকের সংযোগে গঠিত তাহাদের তীব্রতার উপর নির্ভর করে।

দুর্বল ক্ষারক ও তীব্র অ্যাসিড বা তীব্র ক্ষারক ও দুর্বল অ্যাসিড বা দুর্বল ক্ষারক ও দুর্বল অ্যাসিড হইতে উৎপন্ন লবণেরই আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটে।

উদাহরণঃ (১) দুর্বল ক্ষারক এবং তীব্র অ্যাসিডের লবণ (Salts of weak base and strong acid) : অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড দুর্বল ক্ষার অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইড এবং তীব্র হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণ। ইহার জলীয় দ্রবণে অ্যাসিডধর্ম বর্তমান। অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড জলে দ্রবীভূত করিলে উহা প্রায় সম্পূর্ণভাবে অ্যামোনিয়াম আয়ন এবং ক্লোরাইড আয়নে বিয়োজিত হয় এবং সঙ্গে জল সামান্য পরিমাণে বিয়োজিত হইয়া হাইড্রোজেন আয়ন ও হাইড্রোক্সিল আয়ন দেয়। অতঃপর লবণ ও জল হইতে উৎপন্ন আয়নগুলি পরস্পরের মধ্যে বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এবং অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইড গঠন করে। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড তীব্র অ্যাসিড বলিয়া উহা দ্রবণে সম্পূর্ণ আয়নিত অবস্থায় (H^+ এবং Cl^- আয়নরূপে) থাকে কিন্তু অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইড মৃদু ক্ষার বলিয়া ইহা হইতে অতি সামান্য পরিমাণ OH^- আয়ন উৎপন্ন হয় এবং অধিকাংশ অণুই অবিয়োজিত (undissociated) অবস্থায় থাকে ; ফলে দ্রবণে H^+ আয়ন অনুপাতে বেশী থাকে বলিয়া দ্রবণ অ্যাসিডধর্মী হয়।

$$NH_4Cl \rightleftharpoons NH_4^+ + Cl^-$$
$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

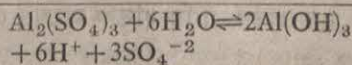
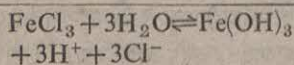
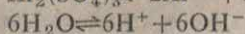
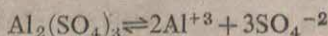
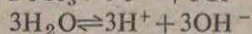
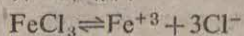
$$NH_4Cl + H_2O \rightleftharpoons H^+ + Cl^- + (NH_4^+ + OH^-) \rightleftharpoons H^+ + Cl^- + NH_4OH$$

এখানে প্রকৃতপক্ষে দুর্বল ক্ষারের ক্যাটায়ন অর্থাৎ অ্যামোনিয়াম আয়ন (NH_4^+) জলের সহিত বিক্রিয়ায় জল হইতে উদ্ভূত OH আয়ন NH_4OH রূপে অপসারিত করিয়া দ্রবণের H^+ আয়নের অনুপাত বাড়ায় এবং দ্রবণ অ্যাসিডিক হয়। $NH_4^+ + H_2O = NH_4OH + H^+$

অনুরূপভাবে ফেরিক ক্লোরাইড, অ্যালুমিনিয়াম সালফেটের দ্রবণের অ্যাসিডধর্ম ব্যাখ্যা করা যায়।

$$FeCl_3 \rightleftharpoons Fe^{+3} + 3Cl^-$$
$$3H_2O \rightleftharpoons 3H^+ + 3OH^-$$

$$FeCl_3 + 3H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_3 + 3H^+ + 3Cl^-$$

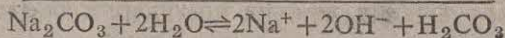
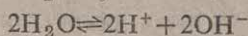
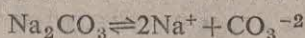
$$Al_2(SO_4)_3 \rightleftharpoons 2Al^{+3} + 3SO_4^{-2}$$
$$6H_2O \rightleftharpoons 6H^+ + 6OH^-$$

$$Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O \rightleftharpoons 2Al(OH)_3 + 6H^+ + 3SO_4^{-2}$$

$Fe(OH)_3$ মৃদু ক্ষারক কিন্তু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ($3H^+ + 3Cl^-$) তীব্র অ্যাসিড এবং $Al(OH)_3$ মৃদুক্ষারক কিন্তু সালফিউরিক অ্যাসিড ($6H^+ + 3SO_4^{-2}$) তীব্র অ্যাসিড।

(২) তীব্র ক্ষারক ও দুর্বল অ্যাসিডের লবণ (Salts of strong base and weak acid) সোডিয়াম কার্বনেট তীব্র ক্ষারক (NaOH) এবং দুর্বল অ্যাসিড (H_2CO_3) এর বিক্রিয়াজাত লবণ। ইহার জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী।

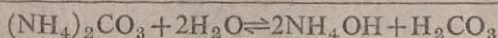
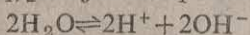
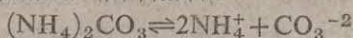
সোডিয়াম কার্বনেট জলে দ্রবীভূত করিলে সোডিয়াম কার্বনেট হইতে Na^+ এবং CO_3^{-2} আয়ন উৎপন্ন হয় এবং জলের সামান্য বিয়োজনে H^+ এবং OH^- আয়ন পাওয়া যায়। এইভাবে উদ্ভূত আয়নগুলি পরস্পর বিক্রিয়া করিয়া সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড ও কার্বনিক অ্যাসিড গঠন করে। সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড তীব্র ক্ষারক বলিয়া উহা সম্পূর্ণরূপে আয়নিত হইয়া Na^+ এবং OH^- আয়ন দেয়। পক্ষান্তরে,

দুর্বল কার্বনিক অ্যাসিড প্রায় অবিয়োজিত অবস্থায় থাকে। ফলে দ্রবণে OH^- আয়নের অনুপাত অধিক হইয়া দ্রবণে ক্ষারধর্ম প্রকাশ করে।

$$Na_2CO_3 \rightleftharpoons 2Na^+ + CO_3^{-2}$$
$$2H_2O \rightleftharpoons 2H^+ + 2OH^-$$
$$Na_2CO_3 + 2H_2O \rightleftharpoons 2Na^+ + 2OH^- + H_2CO_3$$

এই ক্ষেত্রে প্রকৃতপক্ষে দুর্বল অ্যাসিডের অ্যানায়ন অর্থাৎ কার্বনেট আয়ন (CO_3^{--}) জলের বিয়োজন জাত H^+ আয়ন H_2CO_3 রূপে অপসারিত করিয়া দ্রবণে OH^- আয়নের অনুপাত বৃদ্ধি করে এবং দ্রবণ ক্ষারধর্মী হয়। $CO_3^- + 2H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 + OH^-$

(৩) **দুর্বল ক্ষারক এবং দুর্বল অ্যাসিডের লবণ** (Salts of weak base and weak acid) : এইরূপ লবণের আর্দ্র-বিশ্লেষণ সত্ত্বেও কখনও কখনও দ্রবণ প্রশম থাকে, আবার কখনও অ্যাসিডধর্মী বা ক্ষারধর্মী হয়।

অ্যামোনিয়াম কার্বনেটের আর্দ্র-বিশ্লেষণ :

$$(NH_4)_2CO_3 \rightleftharpoons 2NH_4^+ + CO_3^{-2}$$
$$2H_2O \rightleftharpoons 2H^+ + 2OH^-$$
$$(NH_4)_2CO_3 + 2H_2O \rightleftharpoons 2NH_4OH + H_2CO_3$$

আর্দ্র-বিশ্লেষণে প্রাপ্ত অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইড এবং কার্বনিক অ্যাসিড উভয়ই দুর্বল ক্ষার এবং দুর্বল অ্যাসিড। কিন্তু তবুও দ্রবণ সামান্য ক্ষারধর্মী হয়; কারণ তুলনামূলকভাবে NH_4OH, H_2CO_3 অপেক্ষা তীব্র।

তীব্র অ্যাসিড এবং তীব্র ক্ষারক হইতে প্রাপ্ত লবণ আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় না।

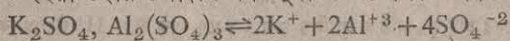
দ্রষ্টব্য : অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড বা ফেরিক ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট যোগ করিলে কখনও ধাতব কার্বনেট গঠিত হয় না, পরন্তু কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গমনসহ ধাতুর হাইড্রোক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহার কারণ, লবণগুলি আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া যে হাইড্রোজেন আয়ন দেয় তাহা কার্বনেটকে কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত করে এবং ধাতু হাইড্রোক্সাইডের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে।

যুগ্ম-লবণ বা দ্বি-ধাতুক লবণ (double salts) এবং **জটিল লবণ** (complex salts) : ইতিপূর্বে বর্ণিত লবণগুলিকে সরল লবণ বলা হয়। ইহা ছাড়া **যুগ্ম-লবণ** বা **দ্বি-ধাতুক লবণ** এবং **জটিল লবণ** নামে আরও দুই প্রকার বিশেষ ধরণের লবণ জানা আছে।

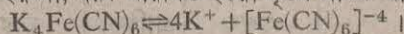
যুগ্ম বা দ্বি-ধাতুক লবণ : কোন কোন সময় দুইটি সরল শমিত লবণের দ্রবণ উহাদের নির্দিষ্ট সরল আণবিক অনুপাতে মিশ্রিত করিয়া বাষ্পীভবন দ্বারা কেলাসিত করিলে যে কেলাস উৎপন্ন হয় তাহাতে দুইটি লবণই একত্রে যুক্ত অবস্থায় থাকিয়া অন্য একটি লবণের কেলাস গঠন করে, উহার উপাদান সরল লবণ হইতে পৃথক। ইহা কেবল কঠিন অবস্থায় স্থায়ী, কিন্তু জলে দ্রাবিত করিলেই উপাদান লবণ দুইটি স্বাধীনভাবে বিয়োজিত হইয়া স্ব স্ব আয়ন উৎপন্ন করে। এইরূপ লবণকে বলা হয় দ্বি-ধাতুক লবণ বা যুগ্ম-লবণ।

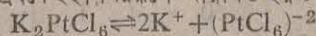
K_2SO_4 এবং $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, সরল লবণ দুইটির সরল আণবিক অনুপাতে মিশ্রিত দ্রবণ হইতে ফটকিরি বা সাধারণ অ্যালাম কেলাস গঠিত হয়।

উহার সঙ্কেত K_2SO_4, $Al_2(SO_4)_3$, $24H_2O$। ফটকিরি জলে দ্রবীভূত করিলে বিয়োজিত হইয়া উহার উপাদান লবণ দুইটির প্রত্যেকটি আয়ন দেয়।

$$K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3 \rightleftharpoons 2K^+ + 2Al^{+3} + 4SO_4^{-2}$$

জটিল লবণ (Complex salts) : কোন কোন সময় দুইটি সরল লবণের দ্রবণ মিশ্রিত করিয়া বাষ্পীভবন দ্বারা কেলাসিত করিলে এমন একটি নূতন লবণের কেলাস গঠিত হয় যাহাতে উপাদান লবণ দুইটি পরস্পর যুক্ত মনে হইলেও ইহাদের স্বাধীন সত্তা থাকে না। নূতন লবণ জলীয় দ্রবণে বিয়োজিত হইয়া উপাদান লবণ দুইটির আয়নের পরিবর্তে নূতন ধরনের জটিল আয়ন সৃষ্টি করে। এইরূপ লবণকে বলা হয় জটিল লবণ।

ফেরাস সালফেট এবং পটাসিয়াম সায়ানাইড লবণের দ্রবণ হইতে উৎপন্ন জটিল লবণ পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড। ইহার সঙ্কেত $K_4Fe(CN)_6$ অর্থাৎ সংযুতি $4KCN$; $Fe(CN)_2$-এর মত হইলেও ইহা জলীয় দ্রবণে K^+, CN^- এবং Fe^{+2} আয়নে বিয়োজিত হয় না, বরং আয়নিত হইয়া নূতন জটিল আয়ন দেয়।

$$K_4Fe(CN)_6 \rightleftharpoons 4K^+ + [Fe(CN)_6]^{-4}$$ ।

ইহা স্পষ্ট, জলীয় দ্রবণে উপাদান লবণ দুইটির Fe^{+2} এবং $(CN)^-$ আয়নের স্বাধীন সত্তা লোপ পাইয়াছে। $[Fe(CN)_6]^{-4}$ একটি জটিল আয়ন। KCl এবং $PtCl_4$ (প্লাটিনিক ক্লোরাইড) হইতে যে জটিল লবণ পাওয়া যায় তাহা পটাসিয়াম ক্লোরো-প্লাটিনিক্লোরাইড। ইহার সঙ্কেত K_2PtCl_6 অর্থাৎ সংযুতি $2KCN$, $PtCl_4$-এর অনুরূপ। জলীয় দ্রবণে ইহা নিম্নরূপে আয়নিত হয় :

$$K_2PtCl_6 \rightleftharpoons 2K^+ + (PtCl_6)^{-2}$$

অ্যাসিড, ক্ষারক এবং লবণের তুল্যাঙ্ক ভার (Equivalent weight of acids, bases and salts) :

অ্যাসিডের তুল্যাঙ্ক ভার ও গ্রাম তুল্যাঙ্ক : অ্যাসিডের যত ভাগ পরিমাণ ওজনে এক ভাগ ওজনের প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন থাকে, অ্যাসিডের তত ভাগ ওজন সংখ্যাই সেই অ্যাসিডের তুল্যাঙ্ক ভার ($H = 1·00$)। আবার অ্যাসিডের প্রতিস্থাপনযোগ্য হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যাই অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা বা বেসিসিটি নির্ণয় করে। অতএব একটি সহজ সূত্রের সাহায্যে অ্যাসিডের তুল্যাঙ্কভার জানা যাইতে পারে।

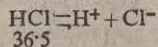
$$\text{অ্যাসিডের তুল্যাঙ্ক-ভার} = \frac{\text{অ্যাসিডের আণবিক গুরুত্ব}}{\text{অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা}}$$

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে (HCl), $1 + 35·5 = 36·5$ ভাগ ওজনে 1 ভাগ ওজনের প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন বর্তমান অর্থাৎ উহার ক্ষারগ্রাহিতা = 1.

$$\therefore \text{ উহার তুল্যাঙ্কভার} = \frac{36·5}{1} = 36·5$$

এইভাবে সালফিউরিক অ্যাসিডে (H_2SO_4), $2 + 32 + 64 = 98$ ভাগ ওজনে 2 ভাগ ওজনের প্রতিস্থাপনযোগ্য হাইড্রোজেন বর্তমান অর্থাৎ উহার ক্ষারগ্রাহিতা = 2.

$\therefore$ সালফিউরিক অ্যাসিডের তুল্যাঙ্কভার = $\frac{98}{2} = 49$.

আয়নীয় তত্ত্বমতে অ্যাসিডের যে পরিমাণ ওজন জলীয় দ্রবণে একভাগ H^+ আয়ন দেয় সেই পরিমাণ ওজন সংখ্যাই ঐ অ্যাসিডের তুল্যাঙ্ক ভার। $\underset{36\cdot5}{HCl} \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$

36·5 ভাগ ওজনের হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড জলীয় দ্রবণে এক ভাগ H^+ উৎপন্ন করে, অতএব 36·5 হইল হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের তুল্যাঙ্ক ভার।

তুল্যাঙ্ক ভারকে যখন গ্রামে প্রকাশ করা হয়, তখন তাহাকে **গ্রাম-তুল্যাঙ্ক** বলে। অতএব যত গ্রাম অ্যাসিডে 1 গ্রাম প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন আছে তত গ্রামই ঐ অ্যাসিডের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক (gram-equivalent)। অ্যাসিডের গ্রাম আণবিক গুরুত্ব (গ্রাম-অণু)কে উহার ক্ষারগ্রাহিতা দ্বারা ভাগ করিয়া অ্যাসিডের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পাওয়া যায়। যেমন,

নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3)এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক $= \dfrac{1+14+48 \text{ গ্রাম}}{1} = 63$ গ্রাম।

কয়েকটি অ্যাসিডের তুল্যাঙ্কভার ও গ্রাম-তুল্যাঙ্ক ঃ

অ্যাসিড	আণবিক গুরুত্ব	ক্ষার-গ্রাহিতা	তুল্যাঙ্ক-ভার	গ্রাম-তুল্যাঙ্ক
হাইড্রোক্লোরিক (HCl)	36·5	1	36·5	36·5 গ্রাম
নাইট্রিক (HNO_3)	63	1	63	63 গ্রাম
সালফিউরিক (H_2SO_4)	98	2	49	49 গ্রাম
ফসফরিক (H_3PO_4)	98	3	32·67	32·67 গ্রাম
অ্যাসিটিক (CH_3COOH)	60	1	60	60 গ্রাম
অক্সালিক ($H_2C_2O_4.2H_2O$)	126	2	63	63 গ্রাম

ক্ষারক ও ক্ষারের তুল্যাঙ্ক-ভার এবং গ্রাম-তুল্যাঙ্ক ঃ

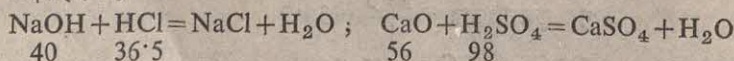
ক্ষারক বা ক্ষারের যত ভাগ ওজন এক তুল্যাঙ্ক-ভার ওজনের অ্যাসিডকে প্রশমিত করে, তত ভাগ ওজন-সংখ্যাই সেই ক্ষারক বা ক্ষারের তুল্যাঙ্ক ভার। আবার এক অণু ক্ষারক যত তুল্যাঙ্ক অ্যাসিড প্রশমিত করে তাহাই ক্ষারক বা ক্ষারের অ্যাসিড-গ্রাহিতা। সুতরাং, সহজভাবে ক্ষারক বা ক্ষারের তুল্যাঙ্ক ভার ব্যক্ত করা যায়।

ক্ষারক বা ক্ষারের তুল্যাঙ্ক-ভার $= \dfrac{\text{ক্ষারক বা ক্ষারের আণবিক গুরুত্ব}}{\text{ক্ষারক বা ক্ষারের অ্যাসিড-গ্রাহিতা}}$

গ্রামে প্রকাশিত তুল্যাঙ্কভারই ক্ষারক বা ক্ষারের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক। অর্থাৎ

ক্ষারক বা ক্ষারের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক $= \dfrac{\text{ক্ষারক বা ক্ষারের গ্রাম-আণবিক গুরুত্ব}}{\text{ক্ষারক বা ক্ষারের অ্যাসিড-গ্রাহিতা}}$

উদাহরণ ঃ

$\underset{40}{NaOH} + \underset{36\cdot5}{HCl} = NaCl + H_2O$; $\underset{56}{CaO} + \underset{98}{H_2SO_4} = CaSO_4 + H_2O$

40 ভাগ ওজনের সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড 36·5 ভাগ বা এক তুল্যাঙ্ক ভাগ HCl প্রশমিত করে। ∴ ইহার অ্যাসিড-গ্রাহিতা = 1

$\therefore$ উহার তুল্যাঙ্ক-ভার $= \frac{23+1+16}{1} = 40$ এবং গ্রাম-তুল্যাঙ্ক $= 40$ গ্রাম

অনুরূপভাবে, 56 ভাগ CaO 98 ভাগ H_2SO_4 কে বা দুই তুল্যাঙ্ক অ্যাসিডকে প্রশমিত করে। $\therefore$ ইহার অ্যাসিড-গ্রাহিতা $= 2$ $\therefore$ তুল্যাঙ্কভার $= \frac{56}{2} = 28$ এবং গ্রাম-তুল্যাঙ্ক $= 28$ গ্রাম।

অন্যভাবেও ক্ষারের তুল্যাঙ্ক-ভার ব্যক্ত করা হয়। যত ভাগ পরিমাণ ওজনে 17 ভাগ ওজনের (OH) মূলক বর্তমান থাকে, তত ভাগ ওজন সংখ্যাই ক্ষারের তুল্যাঙ্ক। সহজভাবে ব্যক্ত করিলে,

$$\text{ক্ষারের তুল্যাঙ্ক} = \frac{\text{ক্ষারের আণবিক গুরুত্ব}}{\text{ক্ষারের অ্যাসিড-গ্রাহিতা}} = \frac{\text{ক্ষারের আণবিক গুরুত্ব}}{\text{ক্ষারে উপস্থিত (OH) মূলকের সংখ্যা}}$$

$$\therefore\ Ca(OH)_2 \text{ এর তুল্যাঙ্ক} = \frac{40+2\times17}{2} = \frac{74}{2} = 37$$

কয়েকটি ক্ষারের তুল্যাঙ্ক-ভার ও গ্রাম-তুল্যাঙ্ক ঃ

ক্ষার	আণবিক গুরুত্ব	অ্যাসিড গ্রাহিতা	তুল্যাঙ্ক ভার	গ্রাম-তুল্যাঙ্ক
কষ্টিক সোডা, NaOH	40	1	40	40 গ্রাম
কষ্টিক পটাস, KOH	56	1	56	56 "
ক্যালসিয়াম হাইড্রোক্সাইড $Ca(OH)_2$	74	2	37	37 "
অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইড NH_4OH	35	1	35	35 "

লবণের তুল্যাঙ্ক-ভার ও গ্রাম-তুল্যাঙ্ক ঃ

যত ভাগ ওজন পরিমাণ কোন লবণের মধ্যে উহার সংগঠক ধাতুটির বা ধাতুর ন্যায় ব্যবহারকারী মূলকের এক তুল্যাঙ্ক পরিমাণ ওজন বিদ্যমান উহাই লবণের তুল্যাঙ্ক-ভার। সাধারণভাবে অতি সহজ সূত্র সাহায্যে লবণের তুল্যাঙ্ক-ভার জানা যায়।

$$\text{লবণের তুল্যাঙ্ক-ভার} = \frac{\text{লবণের আণবিক গুরুত্ব}}{\text{লবণের সংগঠক ধাতুর পরমাণু সংখ্যা} \times \text{ধাতুর যোজ্যতা}}$$

সোডিয়াম ক্লোরাইডে, NaCl $(23+35{\cdot}5) = 58{\cdot}5$ ভাগ ওজনে 23 ভাগ ওজনের বা এক তুল্যাঙ্ক ভাগ সোডিয়াম আছে। $\therefore$ সোডিয়াম ক্লোরাইডের তুল্যাঙ্ক $= 58{\cdot}5$। অনুরূপভাবে, ক্যালসিয়াম কার্বনেট, $CaCO_3(40+12+48) =$ 100 ভাগ ওজনে 40 ভাগ বা দুই তুল্যাঙ্ক ভাগ ক্যালসিয়াম আছে। $\therefore$ ক্যালসিয়াম কার্বনেটের তুল্যাঙ্ক $= 100 \div 2 = 50$।

তুল্যাঙ্ক-ভারকে গ্রামে প্রকাশ করিলেই লবণের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পাওয়া যাইবে।

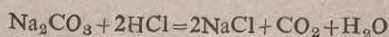
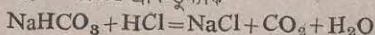
কয়েকটি লবণের তুল্যাঙ্ক-ভার ও গ্রাম-তুল্যাঙ্ক ঃ

লবণ	আণবিক গুরুত্ব	ধাতুর পরমাণুর সংখ্যা × যোজ্যতা	তুল্যাঙ্ক
সোডিয়াম কার্বনেট, Na_2CO_3	106	2×1	$106 \div 2 = 53$
অ্যালুমিনিয়াম সালফেট $Al_2(SO_4)_3$	342	2×3	$342 \div 6 = 57$
বেরিয়াম কোরাইড, $BaCl_2 2H_2O$	244	1×2	$244 \div 2 = 122$
কপার সালফেট, $CuSO_4.5H_2O$	249·5	1×2	$249{\cdot}5 \div 2 = 124{\cdot}75$
সিলভার নাইট্রেট, $AgNO_3$	170	1×1	170

যে সকল লবণ (কার্বনেট, বাই-কার্বনেট ইত্যাদি) অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়া করে তাহাদের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক নিম্নরূপে জানা যায়। উহাদের যত গ্রাম এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করে তাহাই লবণের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক।

$$Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + CO_2 + H_2O$$

106 2×1 গ্রাম তুল্যাঙ্ক

$$NaHCO_3 + HCl = NaCl + CO_2 + H_2O$$

84 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক

∴ Na_2CO_2 এবং $NaHCO_3$ এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক যথাক্রমে 53 গ্রাম এবং 84 গ্রাম।

দ্রবণ ও দ্রবণের মাত্রা বা শক্তি (Solutions and their concentration or strength) **:** দ্রবণের মাত্রা বিভিন্নভাবে ব্যক্ত করা যায়। জ্ঞাত মাত্রার দ্রবণকে অর্থাৎ যে দ্রবণের নির্দিষ্ট আয়তনে দ্রাবের পরিমাণ জানা আছে তাহাকে বলা হয় **প্রমাণ দ্রবণ** (Standard Solution)।

নর্ম্যাল দ্রবণ বা তুল্য দ্রবণ (Normal Solution) **: প্রতি লিটার বা 1000 ml দ্রবণে কোন পদার্থের (দ্রাবের) এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক দ্রবীভূত থাকিলে ঐ দ্রবণকে বলা হয় নর্ম্যাল দ্রবণ বা তুল্য দ্রবণ।**

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক 36·5 গ্রাম, কষ্টিক সোডার গ্রাম-তুল্যাঙ্ক 40 গ্রাম। সুতরাং এক লিটার দ্রবণে 36·5 গ্রাম HCl দ্রবীভূত থাকিলে উহা HCl-এর নর্ম্যাল দ্রবণ এবং 40 গ্রাম NaOH এক লিটার দ্রবণে থাকিলে দ্রবণটি NaOH-এর নর্ম্যাল দ্রবণ। নর্ম্যাল দ্রবণকে প্রকাশ করা হয় 1N বা (N) চিহ্ন দ্বারা।

∴ 1 লিটার (N) H_2SO_4 দ্রবণে দ্রবীভূত H_2SO_4-এর পরিমাণ 49 গ্রাম।
" (N) KOH " " KOH " " 56 " ।
" (N) Na_2CO_3 " " Na_2CO_3 " " 53 " ।
" (N)$AgNO_3$ " " $AgNO_3$ " " 170 " ।

নর্ম্যাল মাত্রায় দ্রবণের শক্তি (Strength of Solution in terms of normality)ঃ **এক লিটার দ্রবণে যত গ্রাম তুল্যাঙ্ক দ্রাব থাকে তাহাকে দ্রবণের নর্ম্যালিটি বা তুল্যাঙ্ক মাত্রা বলা হয়।**

এক লিটার দ্রবণে এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক দ্রাব থাকিলে দ্রবণের নর্ম্যালিটি 1, বা দ্রবণ 1N। এক লিটার দ্রবণে 1 গ্রাম তুল্যাঙ্কের কোন গুণিতক বা ভগ্নাংশ পরিমাণ দ্রাব থাকিলে দ্রবণের মাত্রা নর্ম্যালিটিতে নিম্নরূপে ব্যক্ত করা হয়।

এক লিটারে দ্রাবের পরিমাণ	দ্রবণের নাম	সঙ্কেত	দ্রবণের নর্ম্যালিটি
1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক	নর্ম্যাল	1 N বা N	1
3 " "	থ্রি-নর্ম্যাল	3 N	3
$\frac{1}{2}$ " "	সেমি-নর্ম্যাল	$\frac{N}{2}$ বা 0·5N	$\frac{1}{2}$ বা 0·5
$\frac{1}{10}$ " "	ডেসি-নর্ম্যাল	$\frac{N}{10}$ বা 0·1N	$\frac{1}{10}$ বা 0·1
$\frac{1}{100}$ " "	সেন্টি-নর্ম্যাল	$\frac{N}{100}$ বা 0·01N	$\frac{1}{100}$ বা 0·01

∴ 1 লিটার $3NH_2SO_4$ দ্রবণে দ্রবীভূত H_2SO_4 এর পরিমাণ
$= 49 \times 3$ বা 147 গ্রাম

" $2NNa_2CO_3$ " " Na_2CO_3 " " $= 53 \times 2$ বা 106 "

" $\frac{N}{10}H_2SO_4$ " " H_2SO_4 " " $= 49 \times \frac{1}{10}$ বা 4·9 "

" $\frac{N}{100}Na_2CO_3$ " " Na_2CO_3 " " $= 53 \times \frac{1}{100}$ বা 0·53 "

" x(N)HCl " " HCl " " $= 36{\cdot}5 \times x$ বা $36{\cdot}5x$ "

দ্রষ্টব্য : কোন দ্রবণের প্রতি লিটারে যদি দ্রাব পদার্থের গ্রাম-তুল্যাঙ্কের অর্ধ পরিমাণ দ্রবীভূত থাকে, তবে দ্রবণকে সেমি-নর্ম্যাল দ্রবণ বলা হয়, যদি দ্রাব পদার্থের গ্রাম-তুল্যাঙ্কের এক দশমাংশ পরিমাণ দ্রবীভূত থাকে, তবে উহাকে ডেসি-নর্ম্যাল দ্রবণ বলে। সাধারণতঃ আয়তনমাত্রিক বিশ্লেষণে নর্ম্যাল এবং ডেসি-নর্ম্যাল দ্রবণই বেশী ব্যবহৃত হয়।

মোলার বা আণবিক দ্রবণ (Molar solution)ঃ প্রতি লিটার বা 1000ml দ্রবণে কোন পদার্থের (দ্রাবের) এক গ্রাম-অণু দ্রবীভূত থাকিলে ঐ দ্রবণকে বলা হয় **মোলার দ্রবণ** বা **গ্রাম-আণবিক দ্রবণ**।

H_2SO_4-এর গ্রাম-অণু বা গ্রাম-আণবিক গুরুত্ব 98 গ্রাম
NaOH " " " " 40 "

∴ এক লিটার দ্রবণে 98 গ্রাম H_2SO_4 দ্রবীভূত থাকিলে উহা H_2SO_4-এর মোলার দ্রবণ, 40 গ্রাম NaOH দ্রবীভূত থাকিলে উহা কষ্টিক সোডার মোলার দ্রবণ। মোলার দ্রবণকে প্রকাশ করা হয় M চিহ্ন দ্বারা।

মোলার মাত্রায় দ্রবণের শক্তি (Strength of solution in terms of molarity) : এক লিটার দ্রবণে যত গ্রাম-অণু দ্রাব দ্রবীভূত থাকে তাহাকে দ্রবণের **মোলারিটি** বলা হয়।

এক লিটার দ্রবণে এক-গ্রাম-অণু দ্রাব বর্তমান থাকিলে দ্রবণের মোলারিটি 1 বা দ্রবণ 1 M। ∴ 2M দ্রবণ অর্থে এক লিটার দ্রবণে এক গ্রাম-অণুর দ্বিগুণ পরিমাণ দ্রাবের উপস্থিতি বুঝায় এবং 0·1M বলিতে এক গ্রাম-অণু দ্রাবের এক দশমাংশ প্রতি লিটার দ্রবণে আছে বুঝিতে হইবে।

ইহা স্পষ্ট যে, পদার্থের গ্রাম-অণু ও গ্রাম-তুল্যাঙ্ক এক হইলে নর্ম্যাল ও মোলার দ্রবণের মাত্রা একই হয়। HNO_3, HCl, NaOH, KOH ইত্যাদি পদার্থের নর্ম্যাল ও মোলার দ্রবণে কোন পার্থক্য নাই। কিন্তু H_2SO_4, Na_2CO_3, $Ca(OH)_2$ এর মোলার দ্রবণের মাত্রা যথাক্রমে উহাদের নর্ম্যাল দ্রবণের মাত্রার দ্বিগুণ।

ফর্ম্যাল দ্রবণ (Formal Solution) : অধুনা কয়েকটি বিশেষ ধরণের পদার্থের দ্রবণের গাঢ়ত্ব প্রকাশ করিতে ফর্ম্যাল মাত্রা বা ফর্ম্যালিটি (F) ব্যবহৃত হয়। ফর্ম্যালিটি বলিতে প্রতি লিটার দ্রবণে দ্রাবের গ্রাম-সঙ্কেত ওজন সংখ্যা বুঝায়, অথবা, ওজন ফর্ম্যালিটি বলিতে প্রতি 1000 গ্রাম দ্রাবকে দ্রাবের গ্রাম-সঙ্কেত ওজন সংখ্যা বুঝায়।

এক লিটার দ্রবণে দ্রাবের এক গ্রাম-সঙ্কেত ওজন দ্রবীভূত থাকিলে ঐ দ্রবণকে বলা হয় ফর্ম্যাল দ্রবণ।

এমন অনেক তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ আছে যাহাদের অণু হিসাবে প্রকৃতপক্ষে কোন অস্তিত্ব নাই। ইহারা দ্রবণে সম্পূর্ণভাবে এমন কি কঠিন অবস্থায়ও আয়নরূপে থাকে। সোডিয়াম ক্লোরাইড এই শ্রেণীর একটি পদার্থ। আবার বেরিয়াম হাইড্রোক্সাইড [$Ba(OH)_2.2H_2O$] দ্রবণে এমন কোন অণু থাকে না যাহার আণবিক সঙ্কেত $Ba(OH)_2, 2H_2O$। আবার সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ আর্দ্র-বিশ্লেষণের ফলে OH^- আয়ন উৎপন্ন করিয়া ক্ষারধর্মী হয়।

এই জাতীয় দ্রবণের গাঢ়ত্ব নির্ণয়েই ফর্ম্যালিটি ব্যবহার হয়। ইহা ব্যবহারে দ্রবণের গাঢ়ত্ব নিরূপণে দ্রাব প্রকৃতপক্ষে অণু বা আয়ন যে ভাবেই থাকুক না কেন তাহা বিবেচনা করিতে হয় না।

এক লিটার F দ্রবণে 58·5 গ্রাম NaCl দ্রবীভূত থাকে।

" F " 207 " $Ba(OH)_2 2H_2O$ "

সোডিয়াম কার্বনেটের এক লিটার F দ্রবণে ইহার গ্রাম-সঙ্কেত ওজন পরিমাণ দ্রবীভূত আছে।

উপরোক্ত পদ্ধতি ছাড়াও দ্রবণের মাত্রা প্রকাশের বিভিন্ন পদ্ধতি আছে। যেমন :

শতকরা মাত্রা (Percentage strength) : প্রতি 100 ml. দ্রবণে যত গ্রাম দ্রাব দ্রবীভূত থাকে সেই গ্রাম-সংখ্যাই দ্রবণের শতকরা মাত্রা।

5% NaOH দ্রবণ অর্থে 100 c. c. দ্রবণে 5 গ্রাম NaOH দ্রবীভূত আছে। 10% HNO_3 বলিতে আমরা বুঝি 100 c.c. দ্রবণে 10 গ্রাম HNO_3 দ্রাব রূপে বিদ্যমান।

লিটার প্রতি গ্রাম হিসাবে মাত্রা (Strength in terms of gms/litre) : যত গ্রাম দ্রাব পদার্থ এক লিটার বা 1000 ml. দ্রবণে দ্রবীভূত থাকে তাহার দ্বারাও দ্রবণের মাত্রা প্রকাশ করা হয়। যেমন, এক লিটার দ্রবণে 10 গ্রাম NaOH দ্রবীভূত আছে। এইক্ষেত্রে আমরা বলি এই দ্রবণের মাত্রা "প্রতি লিটারে 10 গ্রাম"।

একমাত্রার দ্রবণকে অন্য মাত্রায় পরিবর্তন (Conversion of one strength into another) :

(ক) শতকরা মাত্রা হইতে নর্ম্যাল মাত্রা (percentage strength to normality) : 5% NaOH দ্রবণের অর্থ 100 ml দ্রবণে 5 গ্রাম NaOH দ্রবীভূত আছে। ∴ 1000 ml দ্রবণে 5×10 গ্রাম NaOH দ্রবীভূত আছে। কিন্তু আমরা জানি 1000 ml দ্রবণে 40 গ্রাম NaOH থাকিলে দ্রবণটি NaOH এর N-দ্রবণ।

∴ 1000 ml দ্রবণে 50 গ্রাম থাকিলে দ্রবণের মাত্রা

$$= \frac{5 \times 10}{40} \text{ N বা } 1{\cdot}25 \text{ (N)}$$

∴ কোন দ্রবণের শতকরা মাত্রা A হইলে উহার নর্ম্যাল মাত্রা

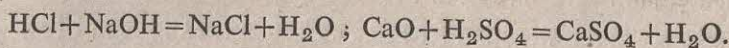
$$= \frac{A \times 10}{\text{দ্রাবের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক}} \text{ (N)।}$$

(খ) নর্ম্যালিটিকে লিটার প্রতি গ্রাম হিসাবের ওজনে পরিবর্তন : নর্ম্যালিটির সংজ্ঞানুযায়ী যে দ্রবণের নর্ম্যালিটি 1, সেই দ্রবণে প্রতি লিটারে দ্রাবের পরিমাণ $1 \times$ দ্রাবের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক। অনুরূপভাবে দ্রবণের নর্ম্যালিটি 2, $\frac{1}{10}$ হইলে দ্রবণের প্রতি লিটারে দ্রাবের পরিমাণ যথাক্রমে $2 \times$ গ্রাম-তুল্যাঙ্ক, $\frac{1}{10} \times$ গ্রাম-তুল্যাঙ্ক। অতএব **প্রতি লিটারে গ্রাম হিসাবে ওজন = নর্ম্যালিটি × গ্রাম-তুল্যাঙ্ক।** লিটার প্রতি গ্রাম হিসাবের ওজনকে গ্রাম-তুল্যাঙ্ক দ্বারা ভাগ করিলেই নর্ম্যাল মাত্রা জানা যাইবে।

অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি (Acidimetry and Alkalimetry) :

প্রশমন ক্রিয়া (Neutralisation) : অ্যাসিড ও ক্ষার দ্রবণ পরস্পরের সংস্পর্শে আসা মাত্রই উহাদের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটিয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করে এবং দ্রবণে অ্যাসিড ও ক্ষার উহাদের তুল্যাঙ্ক পরিমাণে থাকিলে বিক্রিয়ায় নিরপেক্ষ লবণ ও জল গঠনের ফলে উৎপন্ন দ্রবণ সম্পূর্ণ প্রশম হয় অর্থাৎ ইহাতে অ্যাসিড বা ক্ষার ধর্ম বিদ্যমান থাকে না। এইরূপ বিক্রিয়ার নাম প্রশমন।

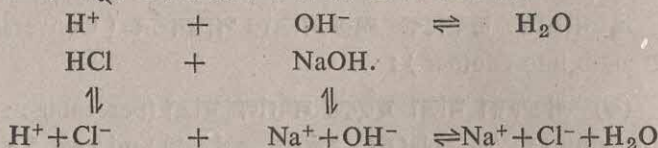
সুতরাং, **সাধারণ ভাবে প্রশমন ক্রিয়ার রাসায়নিক অর্থ অ্যাসিডের প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেনের (H) সহিত ক্ষার বা ক্ষারকের অক্সিজেন(O) বা হাইড্রোক্সিল (OH) মূলকের পূর্ণ রাসায়নিক সংযোগে নিরপেক্ষ লবণ ও জল গঠন।** অবশ্যই প্রশমন ক্রিয়ায় অ্যাসিড ও ক্ষার উহাদের সম-তুল্যাঙ্ক অনুপাতে থাকিবে।

$$HCl + NaOH = NaCl + H_2O\ ;\ CaO + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2O.$$

আয়নীয় তত্ত্ব (Ionic Theory) **অনুসারে সমতুল্যাঙ্কের অ্যাসিড ও ক্ষার দ্রবণের বিক্রিয়ায় অ্যাসিডের হাইড্রোজেন আয়ন** (H^+) **এবং ক্ষারের হাইড্রোক্সিল আয়নের** (OH^-) **রাসায়নিক মিলনে জলের অবিয়োজিত** (undissociated) **অণুর উৎপত্তিকে বলা হয় প্রশমন ক্রিয়া।**

$$H^+ + OH^- \rightleftharpoons H_2O$$

$$HCl + NaOH.$$

$$\upharpoonleft\downharpoonright \qquad \upharpoonleft\downharpoonright$$

$$H^+ + Cl^- + Na^+ + OH^- \rightleftharpoons Na^+ + Cl^- + H_2O$$

সূচক বা নির্দেশক (Indicator) : আয়তন মাত্রিক বিশ্লেষণে (volumetric analysis) এমন কতকগুলি রাসায়নিক পদার্থ ব্যবহৃত হয় যাহারা প্রধানতঃ নিজেদের বর্ণের পরিবর্তন দ্বারা বা অন্য কোনভাবে বিক্রিয়ার পরিসমাপ্তি স্থচিত করে। এই সকল পদার্থকে বলা হয় **সূচক বা নির্দেশক**। বিভিন্ন প্রকারের বিক্রিয়ায় বিভিন্ন রকমের নির্দেশক ব্যবহার করা হয়।

যে সকল পদার্থ তাহাদের বর্ণের পরিবর্তন ঘটাইয়া অ্যাসিড-ক্ষার বিক্রিয়ার সমাপ্তি বা প্রশমন ক্রিয়া সম্পূর্ণ হওয়ার সঠিক মুহূর্তটি নির্দেশ করে তাহাদিগকে **অ্যাসিড-ক্ষার নির্দেশক** (acid-base indicator) বা **প্রশমন নির্দেশক** (neutralisation indicator) বলে।

এইরূপ নির্দেশকগুলির বর্ণ অ্যাসিড দ্রবণে একরকম, ক্ষার দ্রবণে আর এক রকম এবং অ্যাসিড ক্ষারের প্রশমনে উদ্ভূত পদার্থের সংস্পর্শে অন্যরকম হয়। যেমন, লিটমাস একটি অ্যাসিড-ক্ষার নির্দেশক। ইহা অ্যাসিডের সান্নিধ্যে লাল, ক্ষারের সান্নিধ্যে নীল এবং শমিত. লবণের দ্রবণে বেগুনী। স্বভাবতই ইহা নিজের বর্ণের পরিবর্তন দ্বারা কোন দ্রবণ অ্যাসিড কি ক্ষারধর্মী তাহা নির্দেশ করিতে পারে। অ্যাসিড ক্ষার প্রশমনে মিথাইল অরেঞ্জ ও ফিনলথ্যালিন এই দুইটি নির্দেশক সচরাচর ব্যবহৃত হয়। বিভিন্ন অবস্থার দ্রবণে ইহাদের বর্ণ নিম্নরূপ হয়।

নির্দেশক	অ্যাসিড দ্রবণে	ক্ষার দ্রবণে	প্রশম দ্রবণে
মিথাইল অরেঞ্জ	লাল বা গোলাপী	হলুদ	কমলা
ফিনলথ্যালিন	বর্ণহীন	লাল	বর্ণহীন

নির্দেশক নির্বাচন (Selection of indicator) : অ্যাসিড-ক্ষার বিক্রিয়ার প্রশমন ক্ষণ (end point) নির্দেশ করার জন্য নির্দেশক ব্যবহার অপরিহার্য। কিন্তু যে কোন নির্দেশক যে কোন প্রশমন ক্রিয়ায় ব্যবহার করা যায় না। প্রশমন ক্ষণ সঠিকভাবে নির্ণয় করার জন্য উপযুক্ত নির্দেশক নির্বাচন করা প্রয়োজন এবং এই নির্বাচন প্রশমন ক্রিয়ায় ব্যবহৃত অ্যাসিড ও ক্ষার দ্রবণের তীব্রতা ও মৃদুতার উপর নির্ভরশীল। আমরা জানি প্রশমন ক্রিয়ায় লবণ ও জল উৎপন্ন হয়। কিন্তু এমন

কতকগুলি লবণ আছে যাহারা জলীয় দ্রবণে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া দ্রবণকে সামান্য অ্যাসিড বা ক্ষারধর্মী করে। পক্ষান্তরে, অনেক লবণ আর্দ্র বিশ্লেষিত হয় না। প্রশমন ক্ষণে দ্রবণের অ্যাসিড বা ক্ষারীয় অবস্থাও নির্দেশক নির্বাচনে বিশেষভাবে মনে রাখিতে হয়।

প্রশমন ক্রিয়ায় ব্যবহৃত অ্যাসিড ও ক্ষারের প্রকৃতি	উপযুক্ত নির্দেশক
(১) তীব্র অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষার যেমন, $NaOH+HCl$	যে কোনও নির্দেশক
(২) তীব্র অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষার যেমন, $H_2SO_4+Na_2CO_3$	মিথাইল অরেঞ্জ
(৩) মৃদু অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষার	ফিনলথ্যালিন
(৪) মৃদু অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষার	কোন উপযুক্ত নির্দেশক নাই

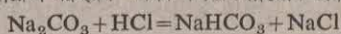
দ্রষ্টব্য ঃ প্রাথমিক স্তরে নির্দেশকের প্রকৃতি এবং নির্বাচন সম্বন্ধে আরও বিশদ আলোচনা সম্ভব নহে ; তবে নির্দেশক ব্যবহারকালে কয়েকটি কথা স্মরণ রাখা দরকার।

(১) সাধারণভাবে প্রশমন ক্রিয়া নির্দেশ করিতে লিটমাস ব্যবহৃত হয় না এবং যে সকল বিক্রিয়ায় অ্যাসিডিক অক্সাইড (যেমন CO_2) নির্গত হয়, সেক্ষেত্রে ইহার ব্যবহার একেবারে অচল।

(২) বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হইলে মিথাইল অরেঞ্জ ব্যবহৃত হইতে পারে।

(৩) বিক্রিয়াকালে অ্যামোনিয়া নির্গত হইলে ফিনলথ্যালিন ব্যবহার করা চলিবে না।

(৪) সোডিয়াম কার্বনেট ও তীব্র অ্যাসিডের প্রশমনে ফিনলথ্যালিন ব্যবহার করিলে ইহা অর্ধেক পরিমাণ সোডিয়াম কার্বনেটের প্রশমন সূচনা করিবে। কারণ, অ্যাসিড ও সোডিয়াম-কার্বনেটের প্রশমন ক্রিয়া দুই পর্যায়ে সম্পন্ন হয়। প্রথম পর্যায়ে সোডিয়াম-কার্বনেট সোডিয়াম বাই-কার্বনেটে পরিণত হয়।

$Na_2CO_3+HCl=NaHCO_3+NaCl$

ফিনলথ্যালিন সোডিয়াম বাই-কার্বনেটের ক্ষারীয় ধর্ম প্রকাশ করিতে পারে না অর্থাৎ বাই-কার্বনেট মিশ্রিত দ্রবণে ইহার বর্ণ লাল বা লালাভ না হইয়া বরং বর্ণহীন হয়। সুতরাং অ্যাসিড দ্বারা সোডিয়াম কার্বনেট প্রশমন কালে ব্যবহৃত ফিনলথ্যালিন বর্ণহীন হইলে বুঝিতে হইবে অর্ধ পরিমাণ কার্বনেট প্রশমিত হইয়াছে।

অতঃপর মিথাইল অরেঞ্জ ব্যবহার করিয়া বাই-কার্বনেটের প্রশমন ক্ষণ জানা যাইতে পারে। দেখা যায় ফিনলথ্যালিন ব্যবহারে নির্দেশিত অর্ধ প্রশমন ক্রিয়ায় যত আয়তন অ্যাসিড ব্যবহৃত হইয়াছে মিথাইল অরেঞ্জ ব্যবহার দ্বারা প্রশমন ক্রিয়া সম্পূর্ণ করার জন্য সম আয়তন অ্যাসিড প্রয়োজন হইয়াছে।

অম্লমিতি ঃ একটি অজ্ঞাত-মাত্রা অ্যাসিড দ্রবণের নির্দিষ্ট আয়তন লইয়া উহাকে প্রমাণ ক্ষার দ্রবণ দ্বারা প্রশমিত করিয়া অ্যাসিডের মাত্রা বা দ্রবণে অ্যাসিডের পরিমাণ জ্ঞাত হওয়ার প্রণালীকে **অম্লমিতি** বলা হয়।

ক্ষারমিতি ঃ এই অজ্ঞাত-মাত্রা ক্ষার দ্রবণের নির্দিষ্ট আয়তন লইয়া উহাকে প্রমাণ অ্যাসিড দ্রবণ দ্বারা প্রশমিত করিয়া ক্ষার দ্রবণের মাত্রা নির্ধারণ প্রণালীকে **ক্ষারমিতি** বলে।

এখানে উল্লেখ থাকা প্রয়োজন যে কোন কোন রসায়ন-বিজ্ঞানী উপরে বর্ণিত অম্লমিতি ও ক্ষারমিতির সংজ্ঞার ঠিক বিপরীত সংজ্ঞা সমর্থন করেন।

জ্ঞাত-মাত্রার বা প্রমাণ দ্রবণের কত আয়তন অজ্ঞাত-মাত্রার কত আয়তনের সহিত পরস্পরে সম্পূর্ণ ভাবে বিক্রিয়া করে তাহা নির্ণয় করিবার পরীক্ষা প্রণালীকে বলা হয় **টাইট্রেশন** (titration)। টাইট্রেশনের সময় যে অবস্থায় রাসায়নিক বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হয় তাহাকে **সমাপ্তিক্ষণ** (end point) বলা হয়। ইহা সূচক বা নির্দেশক ব্যবহারে জানা যায়।

অম্লমিতি ও ক্ষারমিতির কয়েকটি মূলনীতি ঃ

(ক) আমরা জানি যে কোন অ্যাসিড বা ক্ষারের নর্ম্যাল দ্রবণের প্রতি লিটারে এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ অ্যাসিড বা ক্ষার দ্রবীভূত আছে। এই হিসাবে একটি 5(N) দ্রবণের প্রতি লিটারে গ্রাম-তুল্যাঙ্কের 5 গুণ পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত আছে বা $\frac{N}{10}$ বা 0·1N দ্রবণের প্রতি লিটারে গ্রাম-তুল্যাঙ্কের এক দশমাংশ দ্রাব আছে।

$\therefore$ 1 ml 5(N) দ্রবণ ≡ 5ml(N) দ্রবণ ≡ 50ml$\frac{1}{10}$(N) দ্রবণ

এবং 1 ml (N) দ্রবণ ≡ 10ml$\frac{1}{10}$(N) দ্রবণ ≡ 2ml $\frac{N}{2}$ দ্রবণ ≡ 100 ml$\frac{N}{100}$ দ্রবণ

অর্থাৎ Yml x(N) দ্রবণ ≡ (Y × x)ml(N) দ্রবণ। সুতরাং সম পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত আছে এইরূপ দুইটি দ্রবণের আয়তন ও মাত্রার গুণফল সর্বদা একই হয়। এই সূত্র অ্যাসিড, ক্ষার সব ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য।

(খ) আমরা জানি, এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক অ্যাসিড এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক ক্ষারকে সম্পূর্ণভাবে প্রশমিত করে অর্থাৎ প্রশমনে অ্যাসিড ও ক্ষার পরস্পরের গ্রাম-তুল্যাঙ্কের হিসাবে বিক্রিয়া করে। যে কোন অ্যাসিডের এক গ্রাম-তুল্যাঙ্কের প্রশমন ক্ষমতা সমান। ক্ষার সম্বন্ধেও ইহা সত্য।

তাহা হইলে,

49 গ্রাম H_2SO_4 ≡ 40 গ্রাম NaOH	40 গ্রাম NaOH ≡ 36·5 গ্রাম HCl
≡ 56 „ KOH	≡ 63 গ্রাম HNO_3
≡ 53 „ Na_2CO_3	≡ 32·67 গ্রাম
≡ 35 „ NH_4OH	H_3PO_4।

আবার কোন অ্যাসিড বা ক্ষারের নর্ম্যাল দ্রবণের প্রতি লিটারে এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ অ্যাসিড বা ক্ষার আছে।

$\therefore$ 1000 ml (N) অ্যাসিড ≡ 1000 ml (N) ক্ষার
2000 ml „ „ ≡ 2000 „ „ „
10 ml „ „ ≡ 10 „ „ „
1 ml „ „ ≡ 1 „ „ „
V ml „ „ ≡ V „ „ „

∴ নর্ম্যাল মাত্রায় প্রকাশিত সম মাত্রার অ্যাসিড ও ক্ষার পরস্পরকে সম আয়তনে প্রশমিত করে।

(গ) V_1 c.c. একটি S_1 (N) মাত্রায় অ্যাসিড দ্রবণকে S_2 (N) মাত্রার ক্ষার দ্রবণ দ্বারা প্রশমিত করিলে ক্ষার দ্রবণের আয়তন সহজেই নির্ণয় করা যাইবে।

V_1 c.c. S_1 (N) অ্যাসিড দ্রবণ $\equiv (V_1S_1)$ c.c. (N) অ্যাসিড দ্রবণ। মনে করি ইহার প্রশমনে V_2 c.c. S_2 (N) ক্ষার দ্রবণের প্রয়োজন।

∴ V_2 c.c. S_2(N) ক্ষার দ্রবণ $\equiv (V_2S_2)$ c.c.(N) ক্ষার-দ্রবণ। আমরা জানি সম-নর্ম্যালিটির অ্যাসিড ও ক্ষার সম আয়তনে প্রশমিত করে।

∴ $V_1S_1 = V_2S_2$। অর্থাৎ অ্যাসিডের আয়তন × অ্যাসিডের মাত্রা ≡ ক্ষারের আয়তন × ক্ষারের মাত্রা। **এই সমতা অম্লমিতি ও ক্ষারমিতিতে অতি প্রয়োজনীয় জ্ঞাতব্য বিষয়।**

পক্ষান্তরে, সংজ্ঞানুসারে, নর্ম্যালিটি × গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = লিটার প্রতি গ্রাম হিসাবে ওজন ∴ $\text{নর্ম্যালিটি} = \dfrac{\text{গ্রাম-তুল্যাঙ্ক সংখ্যা}}{\text{লিটার সখ্যা}}$

বা, গ্রাম তুল্যাঙ্কের সংখ্যা = N × লিটার সংখ্যা। এখন দুইটি দ্রবণের পারস্পরিক বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হইলে দ্রবণ দুইটিতে দ্রাবের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক সমান হইবে। অতএব প্রথম দ্রবণের নর্ম্যালিটি × লিটার সংখ্যা = দ্বিতীয় দ্রবণের নর্ম্যালিটি × লিটার সংখ্যা। দ্রবণ দুইটি পরস্পরের তুল্য লইলে (এবং দ্রবণের আয়তন লিটারের পরিবর্তে ml. এ ধরিলে) একটি দ্রবণের আয়তন এবং মাত্রার গুণফল অপর দ্রবণের আয়তন ও মাত্রার গুণফলের সমান হয়। ∴ প্রথম দ্রবণের আয়তন এবং মাত্রা যথাক্রমে V_1 এবং S_1 এবং দ্বিতীয় দ্রবণের আয়তন ও মাত্রা যথাক্রমে V_2 এবং S^2 ধরিলে $V_1S_1 = V_2S_2$ এই সমতা পাওয়া যায়।

(ঘ) **দ্রবণের মাত্রা হ্রাস করণ** (Reduction of strength) :

মনে করি 25 ml (N) মাত্রার অ্যাসিড দ্রবণ ≡ 10 ml অজ্ঞাত মাত্রার ক্ষার-দ্রবণ। ইহা স্পষ্ট, এখানে ক্ষার দ্রবণের মাত্রা অ্যাসিড দ্রবণের মাত্রা অপেক্ষা অধিক। সুতরাং এই মাত্রার ক্ষার দ্রবণকে (N) মাত্রায় পরিণত করিতে প্রতি 10 ml ক্ষার দ্রবণে $(25-10) = 15$ ml জল মিশানো দরকার হইবে।

মনে করি 10 ml 2·5(N) মাত্রার দ্রবণকে $\frac{N}{10}$ মাত্রায় পরিণত করিতে হইবে।

10 ml 2·5 (N) মাত্রার দ্রবণ $\equiv (10 \times 2{\cdot}5)$ml (N) মাত্রার দ্রবণ

$\equiv 250$ ml $\frac{N}{10}$ মাত্রার দ্রবণ

সুতরাং দ্রবণটি $\frac{N}{10}$ মাত্রায় হ্রাস করিতে প্রতি 10 ml দ্রবণে $(250-10)$ $= 240$ ml জল মিশাইতে হইবে।

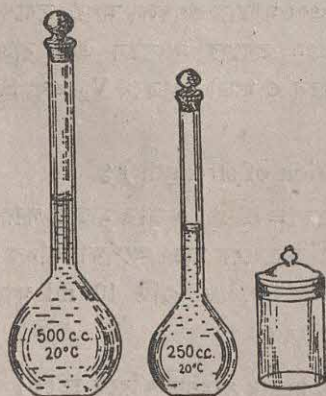
প্রমাণ-দ্রবণ প্রস্তুতি ঃ প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুত করিতে নির্দিষ্ট আয়তনের ফ্লাস্ক ব্যবহৃত হয় এবং ইহাদের গলার দিকে আয়তন নির্দেশক চিহ্ন থাকে।

(ক) সোডিয়াম কার্বনেটের ডেসি-নর্ম্যাল বা $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণ প্রস্তুতি :—মনে করি 250 ml $\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3 দ্রবণ প্রস্তুত করিতে হইবে। যেহেতু Na_2CO_3 এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক 53 গ্রাম,

$\therefore$ 1000 ml$\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3 দ্রবণের জন্য 5·3 গ্রাম Na_2CO_3 প্রয়োজন

$\therefore$ 250 „ „ „ „ „ $\frac{5 \cdot 3}{4}$ বা 1·325 গ্রাম Na_2CO_3 দরকার।

সম্পূর্ণ অসম্ভব না হইলেও একেবারে সঠিক 1·325 গ্রাম ওজন লওয়া অত্যন্ত কঠিন ব্যাপার। সেইজন্য 1·325 গ্রামের খুব কাছাকাছি ওজনের Na_2CO_3 লইয়া 250 ml জলে দ্রবীভূত করিতে হয়।

পদ্ধতি ঃ একটি পরিষ্কার ও শুষ্ক ঢাকনিযুক্ত তোলন-বোতলে (weighing bottle) শুষ্ক, অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেট লইয়া রাসায়নিক তুলার সাহায্যে উহার সঠিক ওজন লওয়া হয়। অতঃপর একটি 250 ml আয়তনের ফ্লাস্কের মুখে একটি ফানেল বসানো হয়। ফ্লাস্ক এবং ফানেল যেন পাতিত জল দ্বারা পূর্বেই উত্তমরূপে ধৌত করা হয়। এইবার খুব সাবধানে তোলন-বোতল হইতে অল্প অল্প করিয়া সোডিয়াম কার্বনেট ফ্লাস্কের মুখে বসানো ফানেলে ঢালা হয় এবং প্রতিবারে ঢালার পর তোলন বোতলটি ওজন করা হয়। যখন সোডিয়াম কার্বনেট সহ উহার ওজন 1·325 গ্রামের কাছাকাছি হ্রাস পায় অর্থাৎ 1·325 গ্রামের খুব কাছাকাছি ওজনের কার্বনেট ফ্লাস্কে ঢালা হয়, তখন সোডিয়াম কার্বনেট ঢালা বন্ধ করিতে হয়। এইবার ফানেলের উপর অল্প অল্প পাতিত জল ঢালিতে হয়, যাহাতে সমস্ত সোডিয়াম কার্বনেট জলের সহিত ফ্লাস্কের ভিতর চলিয়া যায়। লক্ষ্য রাখিতে হইবে, ফানেল বা উহার নলে কোন কঠিন কার্বনেট যেন অদ্রবণীয় অবস্থায় না থাকে। এইভাবে পাতিত জল দ্বারা ফানেল হইতে সমস্ত কার্বনেট ফ্লাস্কে স্থানান্তরিত হইলে ফ্লাস্কের মুখে স্টপার আঁটিয়া

চিত্র ১ (২৫)—বিভিন্ন আয়তনের ফ্লাস্ক ও তোলন-বোতল

সাবধানে নাড়িতে হয়, যাহাতে সোডিয়াম কার্বনেট সম্পূর্ণভাবে দ্রবীভূত হইয়া স্বচ্ছ দ্রবণ তৈরী করে। প্রয়োজনবোধে কিছু পাতিত জল যোগ করা যাইতে পারে। এইবার স্বচ্ছ দ্রবণে সাবধানে পাতিত জল ঢালিয়া ফ্লাস্কের গলার দাগ পর্যন্ত পূর্ণ করিতে হয়, যাহাতে জলের অবতল তল (lower meniscus) ঐ দাগ পর্যন্ত স্পর্শ করে। এইবার ফ্লাস্কটি স্টপার আঁটা অবস্থায় কয়েকবার ঝাঁকাইয়া উল্টাইয়া লইলে সমসত্ত্ব দ্রবণ প্রস্তুত হইবে।

দ্রষ্টব্য :—সোডিয়াম কার্বনেট ঢালিয়াই জল দিয়া ফ্লাস্কের দাগ পর্যন্ত পূর্ণ করা রীতি নয়। প্রথমে অল্প জলে কার্বনেট দ্রবণ প্রস্তুত করিয়া পরে জল ঢালিয়া নির্দিষ্ট আয়তনে পরিণত করিতে হয়। এইরূপে প্রস্তুত দ্রবণের সঠিক মাত্রা :—

মনে করি গৃহীত Na_2CO_3-এর পরিমাণ $= 1{\cdot}3850$ গ্রাম।

$1{\cdot}3250$ গ্রাম Na_2CO_3 250 ml দ্রবণে থাকিলে দ্রবণের মাত্রা $= \frac{N}{10}$

$\therefore$ $1{\cdot}3850$ " " " " " " " " $= \frac{1{\cdot}3850}{1{\cdot}3250} \; \frac{N}{10}$

বা $1{\cdot}0452 \left(\frac{N}{10}\right)$

গুণক (Factor) : অধিকাংশ সময়েই নির্দিষ্ট মাত্রার নির্দিষ্ট আয়তনের দ্রবণ প্রস্তুত করিতে যে পরিমাণ দ্রাব লওয়া প্রয়োজন তাহা সঠিক ওজন করা সম্ভব হয় না। সেইজন্য ঐ পরিমাণের খুব নিকটবর্তী কোন ওজনের দ্রাব লইতে হয়।

যেমন, উপরে বর্ণিত Na_2CO_3 এর 250 ml $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণ প্রস্তুতিতে $1{\cdot}325$ গ্রামের স্থলে $1{\cdot}385$ গ্রাম Na_2CO_3 লওয়া হইয়াছে এবং এক্ষেত্রে দ্রবণের মাত্রা $\frac{1{\cdot}385}{1{\cdot}325}\frac{N}{10}$ বা $1{\cdot}0452\left(\frac{N}{10}\right)$। $1{\cdot}0452$ সংখ্যাটিই এই দ্রবণের গুণক।

$$\therefore \quad \text{গুণক} = \frac{\text{দ্রবীভূত পদার্থের ওজন}}{\text{নির্দিষ্ট মাত্রার দ্রবণ প্রস্তুতিতে ঐ পদার্থের যে ওজন লওয়া প্রয়োজন}}$$

পক্ষান্তরে প্রস্তাবিত দ্রবণের মাত্রাকে যাহা দ্বারা গুণ করিলে প্রস্তুত দ্রবণের মাত্রা জানা যায় সেই সংখ্যাই গুণক।

(খ) সালফিউরিক অ্যাসিডের মোটামুটি ডেসি নর্ম্যাল বা $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণ প্রস্তুতি : মনে করি, এক লিটার $\frac{N}{10}$ H_2SO_4 দ্রবণ প্রস্তুত করিতে হইবে।

যেহেতু H_2SO_4 এর গ্রাম তুল্যাঙ্ক $= 49$ গ্রাম, $\therefore$ 1000 ml $\frac{N}{10}$ H_2SO_4 প্রস্তুত করিতে 4·9 গ্রাম অ্যাসিড প্রয়োজন। কিন্তু সালফিউরিক অ্যাসিড প্রবল জলাকর্ষী তরল এবং উহাকে বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া অসম্ভব। সাধারণত এই অ্যাসিডে 95—98% অ্যাসিড থাকে (ওজন অনুপাতে)। সুতরাং রাসায়নিক তুলার সাহায্যে

ওজন লইয়া ইহার প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুত করা যায় না। এই ক্ষেত্রে ওজন হিসাবে না লইয়া অ্যাসিডের ঘনত্বের সাহায্যে ইহার প্রয়োজনীয় আয়তন নিরূপণ করা হয় এবং ঐ আয়তনের অ্যাসিড জলে দ্রবীভূত করিয়া নির্দিষ্ট আয়তনের দ্রবণে পরিণত করা হয়।

মনে করি, ব্যবহৃত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড 97% বিশুদ্ধ অর্থাৎ 97 গ্রাম বিশুদ্ধ সালফিউরিক আছে 100 গ্রাম অ্যাসিডে। ∴ 4·9 গ্রাম বিশুদ্ধ অ্যাসিড আছে $\frac{100 \times 4{\cdot}9}{97}$ বা 5·051 গ্রাম অ্যাসিডে।

আবার মনে করি, 97% বিশুদ্ধ অ্যাসিডের ঘনত্ব = 1·84।

তাহা হইলে $D\ (\text{ঘনত্ব}) = \frac{M\ (\text{ভর})}{V\ (\text{আয়তন})} \quad \therefore \quad V = \frac{M}{D} = \frac{5{\cdot}051}{1{\cdot}84} = 2{\cdot}74$ ml

∴ 4·9 গ্রাম বিশুদ্ধ অ্যাসিড থাকে 2·74 ml অ্যাসিডে। এখন 2·8 ml সালফিউরিক অ্যাসিড একটি অংশাঙ্কিত সিলিণ্ডার (measuring cylinder)-এর সাহায্যে মাপিয়া প্রায় অর্ধেক জলপূর্ণ একটি 1000 ml আয়তন বিশিষ্ট ফ্লাস্কের মধ্যে ঢালা হয় এবং নাড়িয়া ঠাণ্ডা করার পর পাতিত জল মিশাইয়া ইহার আয়তন 1000 ml করা হয়। এই দ্রবণটি মোটামুটি $\frac{N}{10}$ সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণ।

HNO_3 বা HCl এর আনুমানিক মাত্রার দ্রবণ এইভাবে প্রস্তুত করা যায়।

আনুমানিক $\frac{N}{10}$ H_2SO_4 দ্রবণ প্রস্তুত করিতে কি আয়তনের H_2SO_4 লইতে হইবে তাহা নিম্নরূপেও গণনা করা যায়।

ল্যাবরেটরীতে ব্যবহৃত সালফিউরিক অ্যাসিডের মাত্রা সাধারণত 36N। মনে করি, এক লিটার $\frac{N}{10}$ H_2SO_4 প্রস্তুত করিতে হইবে। যদি প্রয়োজনীয় অ্যাসিডের আয়তন x ml ধরি তবে

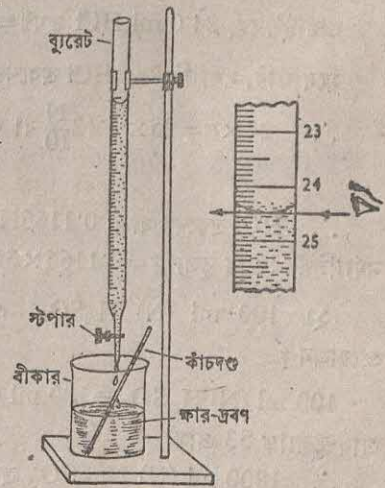
$$x \times 36N = 1000 \times \frac{N}{10} \quad \therefore \quad x = 2{\cdot}8 \text{ ml (প্রায়)}$$

বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অবস্থায় পাওয়া সহজ এমন কতকগুলি পদার্থের নির্দিষ্ট পরিমাণ ওজন রাসায়নিক তুলার সাহায্যে লইয়া প্রমাণ দ্রবণ তৈয়ারী করা হয়। এই সকল পদার্থের দ্রবণের মাত্রা দীর্ঘদিন অপরিবর্তিত থাকে। এই সকল পদার্থকে **প্রাইমারী স্ট্যাণ্ডার্ড** (Primary standard) বলা হয়—যেমন অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেট, অক্সালিক অ্যাসিড কেলাস।

আবার কতকগুলি পদার্থ বিশুদ্ধ ও অনার্দ্র অবস্থায় পাওয়া সম্ভব হয় না ; ফলে উহাদের সঠিক ভাবে ওজন করিয়া সঠিক মাত্রার দ্রবণ প্রস্তুত করা যায় না। এই সকল ক্ষেত্রে ইহাদের আনুমানিক মাত্রার দ্রবণ প্রস্তুত করিয়া প্রাইমারী স্ট্যাণ্ডার্ডের প্রমাণ দ্বারা ইহাদের সঠিক মাত্রা নিরূপণ করিতে হয়। এই সকল পদার্থকে **সেকেণ্ডারী স্ট্যাণ্ডার্ড** (Secondary standard) বলা হয়। যেমন, সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড, সালফিউরিক অ্যাসিড, নাইট্রিক অ্যাসিড প্রভৃতি।

অজ্ঞাত দ্রবণের সঠিক মাত্রা নির্ণয়ঃ টাইট্রেশন সাহায্যে একটি প্রমাণ দ্রবণ দ্বারা অজ্ঞাতমাত্রা দ্রবণের সঠিক মাত্রা নির্ধারিত হয়। এই সম্পর্কে এবং আয়তন মাত্রিক বিশ্লেষণে ব্যবহৃত যন্ত্রপাতি—যথা বুরেট, পিপেট, ওয়াস-বোতল, মাপক ফ্লাস্ক ইত্যাদির বিস্তারিত বিবরণ যে কোন ব্যবহারিক রসায়নের পুস্তকে দেওয়া আছে।

জ্ঞাতমাত্রার সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণ সাহায্যে আনুমানিক $\frac{N}{10}$ সালফিউরিক অ্যাসিডের সঠিক মাত্রা নির্ণয়ঃ

পদ্ধতিঃ একটি 50 ml-পরিষ্কার বুরেটকে প্রথমে ভালভাবে ধৌত করিয়া উহার ভিতর দিক পাতিত জল দ্বারা বার দুই ধৌত করা হয়। অতঃপর যে অ্যাসিডের সঠিক মাত্রা নির্ণয় করিতে হইবে সেই অ্যাসিডের দ্রবণের কয়েক ml দিয়া ভালভাবে ধৌত করিতে হয়। এইবার উক্ত অ্যাসিড দ্বারা বুরেটের শূন্য চিহ্নের কিছু উপর পর্যন্ত পূর্ণ করিয়া ষ্টপকক খুলিয়া অ্যাসিড একটি বীকারে ফেলিতে হয়। যখন অ্যাসিড দ্রবণের বাঁকা তল (lower meniscus) বুরেটের শূন্য দাগ স্পর্শ করে সেই মুহূর্তে ষ্টপকক বন্ধ করিয়া অ্যাসিড ঢালা বন্ধ করিতে হয়। এখন একটি 25 ml আয়তন বিশিষ্ট পিপেটকে ভালভাবে সাধারণ জল এবং পরে পাতিত জল দ্বারা ধৌত করিতে হয়। সর্বশেষে প্রদত্ত সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণের কয়েক ml দ্বারা বার দুই ইহাকে ধৌত করিতে হয়। এখন পিপেটের সরু মুখ সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণে ডুবাইয়া মুখ দিয়া শুষিয়া পিপেটের মধ্যে দ্রবণ তোলা হয় এবং ঠিক 25 ml দ্রবণ মাপিয়া একটি বীকারে ঢালা হয়। সমস্ত দ্রবণ বীকারে স্থানান্তরিত হইলে পিপেটের সরু মুখ বীকারে উহার ভিতরের গায়ে স্পর্শ করাইতে হয়। (কখনও ফুঁ দিয়া পিপেটের শেষ বিন্দু বীকারে নেওয়ার চেষ্টা করিতে নাই।) এইবার বীকারে সামান্য পাতিত জল মিশাইয়া উহাতে দুই ফোঁটা মিথাইল অরেঞ্জ দিতে হয়। দ্রবণটি হলুদ বর্ণ হইবে। বুরেট হইতে ক্ষারদ্রবণে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া অ্যাসিড দ্রবণ মিশাইতে হয়-এবং কাচদণ্ড দ্বারা বীকারের দ্রবণ নাড়িতে হয়। যে অবস্থায় এক ফোঁটা অ্যাসিড মিশাইলে দ্রবণের বর্ণ হালকা হলুদ হইতে গোলাপী-লাল বর্ণ হইবে তাহাই প্রশমন ক্ষণ এবং তৎক্ষণাৎ অ্যাসিড ঢালা বন্ধ করিতে হয়। বুরেটের দাগ হইতে কত আয়তন অ্যাসিড

চিত্র ১(২৬)—টাইট্রেশন

ব্যবহৃত হইল জানা যাইবে। চোখ এবং বুরেটের দ্রবণ এক সমান্তরালে এক সরল রেখায় রাখিয়া বুরেট পাঠ করিতে হয়। সম্পূর্ণ পরীক্ষাটি আরও দুইবার, প্রতিবারে 25ml Na_2CO_3 দ্রবণ লইয়া করিতে হয় এবং প্রতিক্ষেত্রে ব্যবহৃত অ্যাসিডের আয়তন জানিয়া লওয়া হয়।

গণনা ঃ মনে করি তিনবার টাইট্রেশনে ব্যবহৃত অ্যাসিডের আয়তনের গড় 22·5 ml. মনে করি Na_2CO_3 এর দ্রবণের মাত্রা $1{\cdot}02\,\frac{N}{10}$,

তাহা হইলে 22·5 ml H_2SO_4 দ্রবণ ≡ 25 ml $1{\cdot}02\,\frac{N}{10}Na_2CO_3$ দ্রবণ

মনে করি H_2SO_4 দ্রবণের মাত্রা $= x$

$$\therefore \quad 22{\cdot}5 \times x = 25 \times 1{\cdot}02\ \frac{N}{10}$$

$$\text{বা} \quad x = \frac{25 \times 1{\cdot}02}{22{\cdot}5}\ \frac{N}{10}\ \text{বা}\ 1{\cdot}133\,\frac{N}{10}$$

অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি সম্পর্কিত গণনা

(১) 25 ml $1{\cdot}12\frac{N}{10}$ NaOH দ্রবণ সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করিতে 24 ml একটি HCl দ্রবণ প্রয়োজন। HCl দ্রবণের মাত্রা (i) নর্ম্যালিটি এবং (ii) প্রতি লিটারে গ্রাম হিসাবে নির্ণয় কর।

প্রশ্নানুসারে, 24·0 ml HCl দ্রবণ ≡ 25 ml $1{\cdot}12\frac{N}{10}$ NaOH দ্রবণ

মনে করি, নর্ম্যালিটিতে HCl দ্রবণের মাত্রা $= x$

$$\therefore \quad 24 \times x = 25 \times 1{\cdot}12\frac{N}{10}\ \text{বা}\ x = \frac{25 \times 1{\cdot}12}{24}\,\frac{N}{10}\ \text{বা}\ 1{\cdot}166\frac{N}{10}$$

বা 0·1166 (N)

∴ HCl দ্রবণের মাত্রা 0·1166N এবং লিটার প্রতি গ্রাম হিসাবে ওজন = নর্ম্যালিটি × গ্রাম তুল্যাঙ্ক = 0·1166 × 36·5 = 4·2559 গ্রাম।

(২) 100 ml (N) H_2SO_4 প্রশমিত করিতে কি পরিমাণ Na_2CO_3 প্রয়োজন?

100 ml (N) H_2SO_4 ≡ 100 ml (N) Na_2CO_3 এবং যেহেতু Na_2CO_3 এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক 53 গ্রাম,

∴ 1000 ml (N) Na_2CO_3 দ্রবণে থাকে 53 গ্রাম Na_2CO_3

∴ 100 „ „ „ „ „ 5·3 „ Na_2CO_3

∴ নির্ণেয় পরিমাণ = 5·3 গ্রাম।

(৩) 1·2(N) মাত্রা বিশিষ্ট একটি অম্ল দ্রবণের 500 ml-এর সহিত কত জল মিশাইলে উহা তুল্য দ্রবণে পরিণত হইবে ?

মনে করি, x ml জল মিশাইতে হইবে।

$\therefore$ $(x+500)$ ml (N) দ্রবণ $\equiv$ 500 ml 1·2 (N) দ্রবণ

$\therefore$ $(x+500)\times 1=1{\cdot}2\times 500$

$\therefore$ $x=1{\cdot}2\times 500-500=100$ ml.

(৪) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডপূর্ণ একটি ল্যাবরেটরী বোতল 12N HCl বলিয়া চিহ্নিত আছে। ইহা হইতে 20 c.c. 3N HCl কিরূপে প্রস্তুত করিবে ? [WBHS 1978]

মনে করি প্রয়োজনীয় অ্যাসিডের আয়তন x c.c.। তাহা হইলে

$x\times 12\text{N}=20\times 3\text{N}$ $\therefore$ $x=5$ c.c.

স্থতরাং 15 c.c. জলে 5 c.c. বোতলের অ্যাসিড দ্রবীভূত করিলে প্রয়োজনীয় মাত্রার অ্যাসিড পাওয়া যাইবে।

(৫) 125c.c. দ্রবণে 0·4940 গ্রাম NaOH দ্রবীভূত আছে। যদি দ্রবণকে (a)N মাত্রায় এবং (b)$\frac{N}{10}$ মাত্রায় প্রকাশ করা হয়, তবে দ্রবণের ফ্যাক্টর নির্ণয় কর।

NaOH-এর গ্রাম তুল্যাঙ্ক = 40 গ্রাম।

(a) 125c.c. (N) NaOH দ্রবণে থাকিবে $=\frac{40\times 125}{1000}=5$ গ্রাম

ফ্যাক্টর $=\frac{0{\cdot}4940}{5}=0{\cdot}0988$ ।

(b) 125c.c.$\left(\frac{N}{10}\right)$ NaOH দ্রবণে থাকিবে 0·5 গ্রাম NaOH

$\therefore$ ফ্যাক্টর $=\frac{0{\cdot}4940}{0{\cdot}5}=0{\cdot}988$

(৬) 30c.c. 0·2N H_2SO_4 এবং 20c.c. 0·3N H_2SO_4 মিশ্রিত করিয়া মিশ্রিত দ্রবণের মাত্রা নির্ণয় কর।

30c.c. 0·2 (N) $H_2SO_4 \equiv (30\times 0{\cdot}2)$c.c বা 6·0c.c.(N) H_2SO_4

20c.c. 0·3(N) $H_2SO_4 \equiv (20\times 0{\cdot}3)$c.c. বা 6·0c.c.(N) H_2SO_4

এখন মিশ্রণের আয়তন = (30 + 20)c.c. বা 50c.c.। মনে করি, মিশ্র দ্রবণের মাত্রা x(N)

$\therefore$ $50\times x=12{\cdot}0\times$ N. বা $x=\frac{12}{50}$ N বা 0·24(N)

(৭) 1·3456 গ্রাম Na_2CO_3 জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণের আয়তন 250 ml করা হইল। এই দ্রবণের 25 ml একটি অজ্ঞাত মাত্রা H_2SO_4 দ্রবণের 24·85 ml প্রশমিত করে। (a) Na_2CO_3 দ্রবণ এবং (b) H_2SO_4 দ্রবণের মাত্রা নর্ম্যালিটিতে নির্ণয় কর।

প্রশ্নানুসারে,,

(*a*) 250 ml Na_2CO_3 দ্রবণে Na_2CO_3 বর্তমান আছে = 1·3456 গ্রাম

∴ 1000ml " " " " " = 1·3456 × 4 গ্রাম

$$\therefore \text{ দ্রবণের নর্মালিটি} = \frac{1{\cdot}3456 \times 4}{\text{তুল্যাঙ্ক ভার}} = \frac{5{\cdot}3824}{53} = 0{\cdot}10155 \text{ (N)}$$

(*b*) মনে করি, H_2SO_4 দ্রবণের মাত্রা x(N), ∴ $V_1S_1 = V_2S_2$ অনুসারে

24·85 ml.x(N)$H_2SO_4 \equiv$ 25ml 0·10155(N) Na_2CO_3 দ্রবণ

$$\therefore \quad x = \frac{25 \times 0{\cdot}10155}{24{\cdot}85} 0{\cdot}10216$$

∴ H_2SO_4 দ্রবণের মাত্রা = **0·10216(N)**

(৮) এক লিটার Na_2CO_3 দ্রবণে 25 গ্রাম Na_2CO_3 দ্রবীভূত আছে। উক্ত দ্রবণের 50 ml লইয়া উহার আয়তন 250 ml করা হইল। এই লঘু ক্ষার দ্রবণের 25 ml প্রশমিত করিতে একটি H_2SO_4 দ্রবণের 28 ml প্রয়োজন হয়। H_2SO_4 দ্রবণের মাত্রা লিটার প্রতি গ্রাম হিসাবে নির্ণয় কর।

[Na = 23, C = 12, S = 32]

প্রশ্নানুসারে, 1000 ml দ্রবণে Na_2CO_3 আছে 25 গ্রাম

$$\therefore \quad 50 \;\text{"} \;\text{"} \;\text{"} \;\text{"} \; \frac{25 \times 50}{1000} \text{ বা } 1{\cdot}25 \text{ গ্রাম}$$

∴ লঘু দ্রবণের 250 ml দ্রবণে Na_2CO_3 আছে 1·25 গ্রাম

$$\therefore \text{ লঘু } Na_2CO_3 \text{ দ্রবণের মাত্রা} = \frac{1{\cdot}25}{13{\cdot}25} \text{(N)}$$

(∵ Na_2CO_3-এর গ্রাম তুল্যাঙ্ক = 53 গ্রাম ∴ 250 ml (N) দ্রবণে Na_2CO_3 বর্তমান থাকিবে $\frac{53}{4}$ বা 13·25 গ্রাম)।

মনে করি, H_2SO_4 দ্রবণের মাত্রা x (N), ∴ $V_1S_1 = V_2S_2$ অনুসারে,

$$28 \text{ ml } x \text{ (N) } (H_2SO_4 \equiv 25 \text{ ml } \frac{1{\cdot}25}{13{\cdot}25}\text{(N) } Na_2CO_3 \text{ দ্রবণ}$$

$$\therefore \quad x = \frac{25 \times 1{\cdot}25}{28 \times 13{\cdot}25} \text{ বা } H_2SO_4 \text{ দ্রবণের মাত্রা } \frac{25 \times 1{\cdot}25}{28 \times 13{\cdot}25}\text{(N)}$$

∴ লিটার প্রতি গ্রাম হিসাবে H_2SO_4-এর পরিমাণ

$$\text{নর্ম্যালিটি} \times \text{গ্রাম তুল্যাঙ্ক} = \frac{25 \times 1{\cdot}25 \times 49}{28 \times 13{\cdot}25} \text{ বা } \mathbf{4{\cdot}127} \textbf{ গ্রাম।}$$

(৯) কষ্টিক সোডার এক লিটার দ্রবণে 2·5 গ্রাম NaOH আছে। ঐ দ্রবণের 250 ml প্রশমিত করার জন্য ডেসি নর্মাল H_2SO_4 দ্রবণ কত ml প্রয়োজন হইবে নির্ণয় কর।

কষ্টিক সোডার গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 40 গ্রাম

$$\text{সুতরাং প্রদত্ত কষ্টিক সোডা দ্রবণের মাত্রা} = \frac{2{\cdot}5}{40} \text{(N)} = 0{\cdot}0625\text{(N)}$$

মনে করি, উক্ত দ্রবণকে প্রশমিত করিতে V ml ডেসি নর্মাল H_2SO_4 প্রয়োজন।

তাহা হইলে, V ml $\frac{N}{10}H_2SO_4 \equiv 250$ ml 0·0625 (N) NaOH

$\therefore$ $V \times \frac{N}{10} = 250 \times 0{\cdot}0625$ N বা $V = 250 \times 0{\cdot}0625 \times 10$

$\therefore$ নির্ণেয় আয়তন = **156·25 ml.**

(১০) এক লিটার 0·50 (N) H_2SO_4 প্রস্তুত করিতে 58% বিশুদ্ধ H_2SO_4 এর কি পরিমাণ ওজন নেওয়া প্রয়োজন ?

এক লিটার (N) মাত্রার H_2SO_4 দ্রবণ প্রস্তুত করিতে 49 গ্রাম H_2SO_4 প্রয়োজন।

$\therefore$ " " 0·50(N) " " দ্রবণ প্রস্তুতিতে $49 \times 0{\cdot}50$ বা 24·5 গ্রাম H_2SO_4 প্রয়োজন।

প্রশ্নানুযায়ী, 58 গ্রাম H_2SO_4 বর্তমান আছে 100 গ্রাম উক্ত অ্যাসিডে

$\therefore$ 24·5 " " " " $\frac{100 \times 24{\cdot}5}{58}$

বা 42·24 গ্রাম অ্যাসিডে

$\therefore$ H_2SO_4 এর নির্ণেয় ওজন = 42·24 গ্রাম।

(১১) 0·125 গ্রাম অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেট জলে দ্রবীভূত করিয়া একটি দ্রবণ প্রস্তুত করা হইল। উক্ত দ্রবণ প্রশমিত করিতে একটি অজ্ঞাত মাত্রার H_2SO_4 দ্রবণের 24·8 c.c. প্রয়োজন। নর্ম্যালিটি এবং লিটার প্রতি গ্রামে H_2SO_4 দ্রবণের মাত্রা নির্ণয় কর।

সোডিয়াম কার্বনেট ও সালফিউরিক অ্যাসিডের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক যথাক্রমে 53 গ্রাম এবং 49 গ্রাম। যেহেতু ইহারা পরস্পর গ্রাম তুল্যাঙ্ক হিসাবে প্রশমিত করে,

$\therefore$ 53 গ্রাম $Na_2CO_3 \equiv 49$ গ্রাম H_2SO_4,

$\therefore$ 0·125 " " $\equiv \frac{49 \times 0{\cdot}125}{53}$ বা 0·1155 গ্রাম H_2SO_4

প্রশ্নানুসারে 24·8 c.c. অ্যাসিড দ্রবণ Na_2CO_3 দ্রবণকে প্রশমিত করে।

24·8 c.c. অ্যাসিড দ্রবণে 0·1155 গ্রাম H_2SO_4 বর্তমান।

$\therefore$ 1000 c.c. " " $\frac{0{\cdot}1155 \times 1000}{24{\cdot}8}$ বা 4·66 গ্রাম H_2SO_4 বর্তমান

$\therefore$ অ্যাসিডের দ্রবণের মাত্রা $= \frac{4{\cdot}66}{49} = 0{\cdot}095$ (N) এবং

প্রতি লিটারে H_2SO_4 এর ওজন $= 0{\cdot}095 \times 49 = 4{\cdot}655$ গ্রাম।

(১২) এক লিটার 0·1088 (N) H_2SO_4 দ্রবণে কত আয়তন জল মিশাইলে উহা ডেসি নর্ম্যাল দ্রবণে পরিণত হইবে ?

মনে করি, 1000 c.c. 0·1088 (N) H_2SO_4 = V c.c. $\frac{N}{10}$ H_2SO_4

∴ $1000 \times 0{\cdot}1088N = V \times \frac{N}{10}$ বা $1000 \times 0{\cdot}1088 = V \times \frac{1}{10}$

বা $V = 1000 \times 0{\cdot}1088 \times 10 = 1088$ c.c.

∴ এক লিটার অ্যাসিডে (1088 − 1000) বা 88 c.c. জল মিশাইতে হইবে।

(১৩) 20 c.c. সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণ 21·2 c.c. 3% Na_2CO_3 দ্রবণকে প্রশমিত করে। এই অ্যাসিড দ্রবণের মাত্রা কিভাবে $\frac{N}{10}$ করিতে পারিবে?

100 c.c. Na_2CO_3 দ্রবণে 3 গ্রাম Na_2CO_3 আছে

∴ 1000 " " " 30 " " "

∴ 3% Na_2CO_3 দ্রবণের মাত্রা $= \frac{30}{53}$ (N) $= \frac{30}{5{\cdot}3}\left(\frac{N}{10}\right)$

20 c.c. H_2SO_4 দ্রবণ $\equiv$ 21·2 c.c. $\frac{30}{5{\cdot}3}\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3 দ্রবণ

$\equiv$ 120 c.c. $\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3 দ্রবণ

$\equiv$ 120 c.c. $\frac{N}{10}$ H_2SO_4 দ্রবণ

∴ H_2SO_4 দ্রবণ $\frac{N}{10}$ মাত্রায় পরিণত করিতে 120 − 20 = 100 c.c. জল প্রতি 20 c.c. অ্যাসিড দ্রবণে অথবা 5 c.c. জল 1 c.c. অ্যাসিড দ্রবণে মিশাইতে হইবে।

(১৪) এক লিটার $\frac{N}{2}$ HCl দ্রবণকে উত্তপ্ত করার পর দেখা গেল দ্রবণ হইতে 2·675 গ্রাম হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উবিয়া গিয়াছে এবং বাষ্পীভবনের ফলে দ্রবণের আয়তন 750 ml হইয়াছে। অবশিষ্ট দ্রবণের মাত্রা নর্ম্যালিটিতে নির্ণয় কর।

HCl এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 36·5 গ্রাম।

∴ এক লিটার $\frac{N}{2}$ HCl দ্রবণে HCl থাকিবে $\frac{36{\cdot}5}{2}$ বা 18·25 গ্রাম

উত্তাপ প্রয়োগে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উবিয়া গেল = 2·675 গ্রাম

∴ অবশিষ্ট HCl এর পরিমাণ (18·25 − 2·675) গ্রাম = 15·575 গ্রাম

36·5 গ্রাম HCl 1000 ml দ্রবণে থাকিলে দ্রবণের মাত্রা 1·0 N

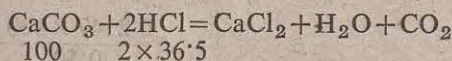
∴ 36·5 " " 750 " " " " " $\frac{1000}{750}$ (N)

∴ 15·575 " " " " " " " $\frac{1000 \times 15{\cdot}575}{750 \times 36{\cdot}5}$ (N)

বা **0·5689 (N)**

∴ অবশিষ্ট দ্রবণের নর্ম্যালিটিতে মাত্রা = **0·5689 N**

(১৫) 0·25 গ্রাম বিশুদ্ধ $CaCO_3$, 40 c.c. লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড সম্পূর্ণভাবে প্রশমিত করে। অ্যাসিডের নর্ম্যালিটি নির্ণয় কর।

$$\underset{100}{CaCO_3}+\underset{2\times 36\cdot 5}{2HCl}=CaCl_2+H_2O+CO_2$$

100 গ্রাম $CaCO_3$, $2\times 36\cdot 5$ গ্রাম বা 2 লিটার N HCl প্রশমিত করে

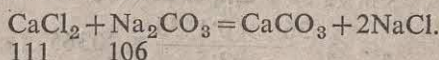
∴ 0·25 " " 5 c.c. N HCl প্রশমিত করে।

40 c.c. লঘু HCl দ্রবণ ≡ 5 c.c. (N) HCl দ্রবণ।

মনে করি লঘু অ্যাসিড দ্রবণের মাত্রা x (N)

∴ $40\times x=5\times N$. বা $x=\frac{5}{40}$ N বা **0·125 N.**

(১৬) 10 গ্রাম $CaCl_2$ জলে দ্রবীভূত করিয়া এই দ্রবণে 100 c.c. Na_2CO_3-এর দ্রবণ মিশাইলে বিক্রিয়ার পরে দ্রবণে Na_2CO_3 অবশিষ্ট থাকে না। Na_2CO_3 দ্রবণের মাত্রা নর্ম্যালিটিতে নির্ণয় কর।

$$\underset{111}{CaCl_2}+\underset{106}{Na_2CO_3}=CaCO_3+2NaCl.$$

111 গ্রাম $CaCl_2$ এর সহিত সম্পূর্ণরূপে বিক্রিয়া করে 106 গ্রাম Na_2CO_3

∴ 10 " " " " " " " $\frac{106\times 10}{111}$

বা 9·55 গ্রাম Na_2CO_3

∴ 9·55 গ্রাম Na_2CO_3 আছে 100 c.c. দ্রবণে

∴ 95·5 " " " 1000 " "

∴ Na_2CO_3 দ্রবণের মাত্রা $=\frac{95\cdot 5}{53}=$ **1·8 N**

(১৭) 0·50 গ্রাম অবিশুদ্ধ নমুনার $CaCO_3$-কে 0·0985 (N) মাত্রার 50 ml হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করা হইল। বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হইলে দেখা গেল অবশিষ্ট হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রশমিত করিতে 0·105 (N) মাত্রার 6 ml NaOH দ্রবণ প্রয়োজন। নমুনাটিতে শতকরা কতভাগ বিশুদ্ধ $CaCO_3$ আছে?

50 ml 0·0985 (N) HCl ≡ (50 × 0·0985) ml বা 4·925 ml (N) HCl

6 ml 0·105 (N) NaOH ≡ 6 ml 0·105 (N) HCl ≡ (6 × 0·105) ml

বা 0·630 ml (N) HCl

∴ অবিশুদ্ধ $CaCO_3$-এর সহিত বিক্রিয়ায় ব্যয়িত (N) HCl-এর আয়তন =(4·925 − 0·630) বা 4·295 ml

$CaCO_3$-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক $=\frac{40+12+48}{2}=50$ গ্রাম।

∴ 1000 ml (N) HCl-এর সহিত বিক্রিয়া করে 50 গ্রাম $CaCO_3$

∴ 4·295 " " " " " " " $\frac{50\times 4\cdot 295}{1000}$

বা 0·2147 গ্রাম $CaCO_3$

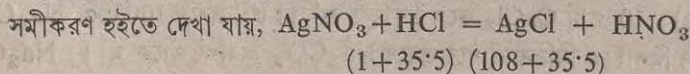
∴ 0·50 গ্রাম অবিশুদ্ধ $CaCO_3$-এ বিশুদ্ধ $CaCO_3$-এর পরিমাণ 0·2147 গ্রাম

∴ 100 " " " " " " " $\frac{0.2147 \times 100}{0.50}$ বা 42·94 গ্রাম

∴ $CaCO_3$-এর বিশুদ্ধতা = 42·94%।

(১৮) 10 ml HCl দ্রবণ 15 ml NaOH দ্রবণকে সম্পূর্ণ রূপে প্রশমিত করে। ঐ 10 ml HCl দ্রবণে অতিরিক্ত পরিমাণ $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ করিলে 0·1435 গ্রাম AgCl অধঃক্ষিপ্ত হয়। সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড দ্রবণের মাত্রা লিটার প্রতি গ্রাম হিসাবে নির্ণয় কর। (Ag = 108)

সমীকরণ হইতে দেখা যায়, $AgNO_3 + HCl = AgCl + HNO_3$

$(1+35.5) \quad (108+35.5)$

143·5 গ্রাম AgCl উৎপন্ন হয় 36·5 গ্রাম HCl হইতে

∴ 0·1435 " " " " $\frac{36.5 \times 0.1435}{143.5}$ বা ·0365 গ্রাম HCl হইতে

সুতরাং 10 ml উক্ত HCl দ্রবণে ·0365 গ্রাম HCl বর্তমান

∴ 1000 ml " " " $\frac{.0365 \times 1000}{10}$ বা 3·65 গ্রাম HCl বর্তমান

∴ উক্ত HCl দ্রবণের শক্তি $= \frac{3.65}{36.5}(N) = 0.1N$ বা $\frac{N}{10}$

মনে করি, প্রদত্ত NaOH দ্রবণের শক্তি $= x$; ∴ $V_1S_1 = V_2S_2$ সূত্রানুসারে

$15 \text{ ml } (x) \text{ NaOH} \equiv 10 \text{ ml } 0.1N \text{ HCl}$

∴ $x = \frac{10 \times 0.1}{15}(N) = .0667 (N)$

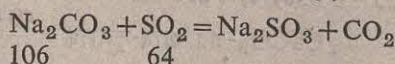
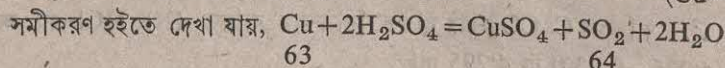
উক্ত NaOH দ্রবণের লিটার প্রতি গ্রাম হিসাবে NaOH এর ওজন = নর্ম্যালিটি × গ্রাম-তুল্যাঙ্ক বা $.0667 \times 40 = 2.668$ গ্রাম (প্রায়)

(১৯) 5 গ্রাম কপারের সহিত অতিরিক্ত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া যে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস পাওয়া যায় তাহা 500 ml $\frac{1}{2}$ N Na_2CO_3 দ্রবণে প্রবাহিত করিলে দ্রবণে কত গ্রাম Na_2CO_3 অপরিবর্তিত থাকিবে? (Cu = 63)

সমীকরণ হইতে দেখা যায়, $Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$

63 64

$Na_2CO_3 + SO_2 = Na_2SO_3 + CO_2$

106 64

∴ 63 গ্রাম কপারের বিক্রিয়াজাত SO_2, 106 গ্রাম Na_2CO_3-কে পরিবর্তিত করে

∴ 5 " " " " $\frac{106 \times 5}{63}$ বা 8·41 গ্রাম

Na_2CO_3-কে পরিবর্তিত করে।

আমরা জানি Na_2CO_3-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক 53 গ্রাম

∴ $\frac{1}{2}$ N মাত্রার 1 লিটার দ্রবণে $\frac{53}{2}=26{\cdot}5$ গ্রাম Na_2CO_3 থাকে

∴ $\frac{1}{2}$ N „ 500 ml „ $\frac{26{\cdot}5}{2}=13{\cdot}25$ „ „ „ „

∴ অপরিবর্তিত Na_2CO_3-এর পরিমাণ $13{\cdot}25-8{\cdot}41=4{\cdot}84$ গ্রাম।

(২০) 0·08 N মাত্রার কষ্টিক সোডা দ্রবণের 25 ml-এর সহিত 0·09 N মাত্রার সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণের 20 ml মিশ্রিত করা হইল। উৎপন্ন মিশ্রিত দ্রবণের মাত্রা নর্মালিটিতে নির্ণয় কর। এই মিশ্রিত ক্ষার দ্রবণের 30 ml একটি অজ্ঞাত মাত্রা সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণের 50 ml কে প্রশমিত করে। অ্যাসিড দ্রবণের নর্ম্যালিটি কত ?

মিশ্রিত ক্ষার দ্রবণের আয়তন $25+20=45$ ml

(যদি মিশ্রণের ফলে আয়তনের কোন পরিবর্তন না ঘটে)

25 ml 0·08(N) NaOH দ্রবণ $\equiv(25\times0{\cdot}08)$ ml (N) NaOH দ্রবণ

$\equiv$ 2ml (N) NaOH দ্রবণ

20 ml 0·09 (N) Na_2CO_3 দ্রবণ $\equiv(20\times0{\cdot}09$ ml Na_2CO_3 দ্রবণ

$\equiv$ 1·8 ml (N) Na_2CO_3 দ্রবণ

∴ দুইটি ক্ষার দ্রবণের মিশ্রণ $\equiv(2+1{\cdot}8)$ বা 3·8 ml (N) ক্ষার দ্রবণ

মনে করি, উৎপন্ন মিশ্রণের শক্তি x(N), তাহা হইলে,

$$45\times x(N)=3{\cdot}8(N), \quad \therefore \quad x=\frac{3{\cdot}8}{45}=0{\cdot}0844$$

∴ মিশ্রিত দ্রবণের মাত্রা = 0·0844N. আবার প্রশ্নানুসারে,

30 ml 0·0844N ক্ষার দ্রবণ $\equiv$ 50 ml অজ্ঞাত মাত্রার H_2SO_4 দ্রবণ

$$\therefore \text{ অজ্ঞাত মাত্রা}=\frac{30\times0{\cdot}0844}{50}(N)$$

∴ H_2SO_4 দ্রবণের মাত্রা = 0·05064N.

(২১) 25 ml 0·4 (N) HCl এবং 60 ml 0·5 (N) H_2SO_4 মিশ্রিত করা হইল। মিশ্রণটিকে 0·8 (N) NaOH দ্রবণ সাহায্যে প্রশমিত করিতে কতটা ক্ষার দ্রবণ দরকার ?

25 ml 0·4 (N) HCl-এর দ্রবণ $\equiv(25\times0{\cdot}4)$ বা 10 ml (N) HCl-এর দ্রবণ

60 ml 0·5 (N)-H_2SO_4-এর দ্রবণ $\equiv(60\times0{\cdot}5)$ বা 30 ml(N)H_2SO_4 দ্রবণ

∴ মোট প্রদত্ত (N) অ্যাসিড দ্রবণ $=10+30=40$ ml

মনে করি, উক্ত অ্যাসিড দ্রবণ প্রশমিত করিতে 0·8 N NaOH-এর V ml প্রয়োজন। তাহা হইলে $V_1S_1=V_2S_2$ অনুসারে,

$$40\times(N)=V\times0{\cdot}8\,(N) \text{ বা } V=\frac{40}{0{\cdot}8}=50 \text{ ml}$$

(২২) 50ml একটি ক্ষার দ্রবণে 0·75 (N) একটি অ্যাসিডের 16 ml মিশানো হইল। ঐ ক্ষার দ্রবণ সম্পূর্ণভাবে প্রশমিত করিতে আরও 0·8 (N) H_2SO_4 দ্রবণের 30 ml প্রয়োজন হয়। ক্ষার দ্রবণের মাত্রা নির্ণয় কর।

16 ml 0·75 (N) অ্যাসিড ≡ (16 × 0·75) ml (N) অ্যাসিড

বা 12 ml (N) অ্যাসিড

30 ml 0·8 (N) অ্যাসিড ≡ (30 × 0·8) ml (N) অ্যাসিড

বা 24 ml (N) অ্যাসিড

সমগ্র অ্যাসিডের আয়তন = (12 + 24) ml = 36 ml (N) অ্যাসিড।

মনে করি ক্ষার দ্রবণের মাত্রা x (N)

∴ 50 ml x (N) ক্ষার ≡ 36 ml (N) অ্যাসিড

∴ $x=\frac{36}{50}$ (N) = 0·72 (N) অর্থাৎ **ক্ষারের মাত্রা 0·72(N)**

(২৩) 10 ml 5% NaOH দ্রবণ এবং 10 ml 5% HCl দ্রবণ মিশ্রিত করা হইল। মিশ্রিত দ্রবণ কি প্রশম হইবে? যদি না হয় তবে মিশ্রণের অ্যাসিড বা ক্ষারের মাত্রা নির্ণয় কর।

প্রশ্নানুসারে, 5% NaOH দ্রবণের 100 ml-এ 5 গ্রাম NaOH আছে।

∴ 5% " " 1000 " 50 " " "

∴ NaOH দ্রবণের শক্তি = $\frac{50}{40}$ (N) = 1·25 (N)

(∵ NaOH-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 40 গ্রাম)

∴ 10 ml 1·25 (N) NaOH ≡ (10 × 1·25) ml বা 12·5 ml (N) NaOH

একই ভাবে HCl দ্রবণের শক্তি = $\frac{50}{36\cdot5}$ (N) = 1·37 (N).

(∵ HCl-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 36·5 গ্রাম)

∴ 10 ml 1·37 (N) HCl ≡ (10 × 1·37) ml বা 13·7 (N) HCl

আমরা জানি 12·5 ml (N) NaOH ≡ 12·5 ml (N) HCl, কিন্তু দ্রবণে (N) অ্যাসিড ছিল 13·7 ml.

∴ অতিরিক্ত অ্যাসিড থাকিবে 13·7 − 12·5 = 1·2 ml এবং বিক্রিয়ার পর দ্রবণ অ্যাসিডধর্মী হইবে। আবার বিক্রিয়ার পর দ্রবণের মোট আয়তন (10 + 10) ml = 20 ml এবং ইহাতে 1·2 ml (N) HCl তুল্য অ্যাসিড বর্তমান।

মনে করি, মিশ্রিত দ্রবণের মাত্রা x (N), তাহা হইলে

20 ml x (N) HCl দ্রবণ ≡ 1·2 ml. (N) HCl দ্রবণ

বা $20 \times x = 1\cdot2 \times N$ ∴ $x=\frac{1\cdot2}{20}$(N) = **0·06** (N),

(২৪) 0·265 গ্রাম Na_2CO_3, $\frac{N}{10}$ (ফ্যাক্টর = 1·25) মাত্রার 50 ml H_2SO_4-এর দ্রবণে মিশানোর পর দ্রবণ অ্যাসিডিক না ক্ষারীয় হইবে ?

মিশ্রিত দ্রবণকে প্রশমিত $0.75\frac{N}{10}$ মাত্রার কত ml অ্যাসিড বা ক্ষার দ্রবণ প্রয়োজন হইবে ?

50 ml $1.25\frac{N}{10}$ $H_2SO_4 \equiv 50 \times \frac{1.25}{10}$ ml

বা 6.25 ml (N) H_2SO_4 দ্রবণ

$\because$ অ্যাসিড ও ক্ষার পরস্পর তুল্যাঙ্ক হিসাবে প্রশমিত করে,

$\therefore$ 53 গ্রাম $Na_2CO_3 \equiv 49$ গ্রাম $H_2SO_4 \equiv 1000$ ml (N) H_2SO_4

$\therefore$ 0.265 „ „ $= \frac{1000 \times 0.265}{53} = 5$ ml (N) „ „ ।

$\therefore$ $(6.25 - 5.00)$ ml বা 1.25 ml (N) H_2SO_4 অপ্রশমিত আছে।

$\therefore$ দ্রবণটি অ্যাসিডিক।

মনে করি, অবশিষ্ট অ্যাসিড প্রশমিত করিতে $0.75\frac{N}{10}$ ক্ষার দ্রবণ প্রয়োজন **V ml**

1.25 (N) অ্যাসিড দ্রবণ $\equiv V \times 0.75\frac{N}{10}$ ক্ষার দ্রবণ

বা $V = \frac{1.25}{0.075} = \mathbf{16.66\ ml}$

(২৫) 10 c.c. ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড (আপেক্ষিক গুরুত্ব 1.83) লইয়া জল মিশাইয়া এক লিটার করা হইল। এই দ্রবণের 20 c.c. প্রশমিত করিতে 28 c.c. 0.25 N কষ্টিক সোডা দ্রবণের প্রয়োজন হইল। ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডটিতে শতকরা কত ভাগ অ্যাসিড ছিল ?

সালফিউরিক অ্যাসিডের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1.83 অর্থ 1 c.c. অ্যাসিডের ওজন 1.83 গ্রাম।

$\therefore$ এক লিটার লঘু অ্যাসিড দ্রবণে অ্যাসিডের পরিমাণ 10×1.83
$= 18.3$ গ্রাম।

মনে করি লঘু অ্যাসিড দ্রবণের মাত্রা x (N)

$\therefore$ $V_1S_1 = V_2S_2$ অনুসারে 20 c.c. x (N) $H_2SO_4 \equiv 28$ c.c. 0.25 (N) Na_2CO_3 দ্রবণ

$\therefore$ $x = \frac{28 \times 0.25}{20} = 0.35$ $\therefore$ H_2SO_4 দ্রবণের মাত্রা 0.35 (N)

$\therefore$ লিটার প্রতি গ্রাম হিসাবে H_2SO_4-এর পরিমাণ $0.35 \times 49 = 17.15$ গ্রাম।

$\therefore$ ঘন H_2SO_4-এর শতকরা মাত্রা $= \frac{17.15 \times 100}{18.3} = 93.7$

বা ওজন হিসাবে ঘন $H_2SO_4 = 93.7\%$

(২৬) একটি ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের মোলারিটি নির্ণয় কর যাহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 1.84 এবং যাহাতে ওজন হিসাবে 98% লেবেল আঁটা আছে।

প্রশ্নানুসারে অ্যাসিডের আয়তন $=\frac{100}{1 \cdot 84}$ ml

H_2SO_4-এর আণবিক গুরুত্ব = 98 এবং H_2SO_4-এ বর্তমান ওজন
= 98 গ্রাম = এক গ্রাম-অণু।

∴ $\frac{100}{1 \cdot 84}$ ml অ্যাসিডে আছে এক গ্রাম-অণু H_2SO_4

∴ 1000 ml " " $\frac{1 \cdot 84 \times 1000}{100} = 18 \cdot 4$ গ্রাম-অণু H_2SO_4

∴ অ্যাসিডের মোলারিটি = 18·4

(২৭) একটি দ্বি-ক্ষারী অ্যাসিডের আণবিক গুরুত্ব 126। ঐ অ্যাসিডের 1·4175 গ্রাম 250 c.c. জলে দ্রবীভূত করা হইল। এই অ্যাসিড দ্রবণের 22·5 c.c. সম্পূর্ণভাবে প্রশমিত করিতে 25 c.c. একটি NaOH দ্রবণের প্রয়োজন হয়। একই NaOH দ্রবণের 10 c.c. একটি অজ্ঞাত মাত্রা সালফিউরিক অ্যাসিডের 8 c.c. প্রশমিত করে। সালফিউরিক অ্যাসিডের নর্ম্যাল মাত্রা কত?

দ্বি-ক্ষারী অ্যাসিডের তুল্যাঙ্ক-ভার $=\frac{126}{2}=63$

∴ দ্বি-ক্ষারী অ্যাসিডের নর্ম্যাল (N) দ্রবণের 1000 c.c.-তে 63 গ্রাম অ্যাসিড বর্তমান। কিন্তু প্রশ্নানুসারে,

250 c.c.-তে উক্ত অ্যাসিড আছে 1·4175 গ্রাম

∴ 1000 " " " " " 1·4175 × 4 = 5·67 গ্রাম।

∴ অ্যাসিডের মাত্রা $=\frac{5 \cdot 67}{63}$ (N) = 0·09 (N)

মনে করি NaOH দ্রবণের মাত্রা x (N) ∴ $V_1S_1 = V_2S_2$ অনুসারে

25 c.c. (x) N NaOH ≡ 22·5 c.c. 0·09 N দ্বি-ক্ষারী অ্যাসিড দ্রবণ

∴ $x=\frac{22 \cdot 5 \times 0 \cdot 09}{25}$ বা NaOH দ্রবণের মাত্রা $=\frac{22 \cdot 5 \times 0 \cdot 09}{25}$ (N)

বা 0·081 (N)

আবার 10 c.c. 0·081 (N) NaOH দ্রবণ ≡ 8 c.c.
অজ্ঞাত মাত্রার H_2SO_4 দ্রবণ

∴ সালফিউরিক অ্যাসিডের মাত্রা $=\frac{10 \times 0 \cdot 081}{8}$ (N)

বা **0·1012 (N)**

(২৮) 0·07N HCl এবং 1·2 $\left(\frac{N}{10}\right)$ HCl দ্রবণ কি আয়তন অনুপাতে মিশাইলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঠিক ডেসি নর্ম্যাল দ্রবণ পাওয়া যাইবে?

মনে করি 0·07N HCl-এর x ml এবং 1·2 $\left(\frac{N}{10}\right)$ HCl-এর y ml মিশ্রিত করিলে অ্যাসিডের ডেসি নর্ম্যাল দ্রবণ পাওয়া যায়।

এখন, x ml 0·07N HCl দ্রবণ $\equiv x \times 0.07$ ml (N) HCl

এবং y ml 1·2 $\left(\frac{N}{10}\right)$ HCl দ্রবণ $\equiv y \times \frac{1.2}{10}$ ml (N) HCl

সুতরাং মিশ্র দ্রবণটি $(x \times 0.07 + y \times 0.12)$ ml N HCl-এর সমতুল্য।

মিশ্র দ্রবণের আয়তন $(x+y)$ ml. $\therefore$ $V_1S_1 = V_2S_2$ অনুসারে

$(x \times 0.07 + y \times 0.12)$ N HCl $\equiv (x+y)$ ml $\frac{N}{10}$ HCl

$$0.7x + 1.2y = x + y \quad \text{বা} \quad 0.3x = 0.2y$$

$$\text{বা} \ \frac{x}{y} = \frac{0.2}{0.3} = \frac{2}{3}$$

সুতরাং প্রথম ও দ্বিতীয় নমুনার অ্যাসিড 2 : 3 আয়তন অনুপাতে মিশ্রিত করিলে সঠিক $\frac{N}{10}$ মাত্রার HCl পাওয়া যাইবে।

(২৯) কোন দ্বি-যোজী ধাতুর কার্বনেটের 2 গ্রাম 100 ml সেমি নর্ম্যাল HCl দ্রবণে দ্রবীভূত করার পর যে দ্রবণ পাওয়া যায় তাহা সম্পূর্ণভাবে প্রশমিত করিতে 50 ml 0·2 (N) NaOH প্রয়োজন হয়। ধাতব কার্বনেটের তুল্যাঙ্ক ভার এবং আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

প্রশ্নানুসারে, ধাতুর কার্বনেট 100 ml $\frac{N}{2}$ HCl-এর একটি অংশের সহিত বিক্রিয়া করে এবং অবশিষ্ট অ্যাসিড প্রশমনে 50 ml 0·2 (N) NaOH লাগে।

এখন, 100 ml $\frac{N}{2}$ HCl দ্রবণ $\equiv$ 50 ml (N) HCl দ্রবণ

50 ml 0·2 (N) NaOH $\equiv$ 50 ml 0·2 (N) HCl

$\equiv$ 10 ml (N) HCl

$\therefore$ অবশিষ্ট অ্যাসিডের আয়তন = 10 ml (N) HCl এবং কার্বনেটের সহিত বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত অ্যাসিডের আয়তন = (50 − 10) বা 40 ml (N) HCl

40 ml (N) HCl $\equiv$ 2 গ্রাম ধাতব কার্বনেট

$\therefore$ 1000 „ „ „ $\equiv$ 50 „ „ „

$\therefore$ ধাতুর কার্বনেটের তুল্যাঙ্ক ভার = 50

এবং „ „ আণবিক গুরুত্ব = 50 × 2 = 100

(৩০) একটি দ্বি-ক্ষারী জৈব অ্যাসিডের 0·236 গ্রাম দহন করিলে যথাক্রমে 0·352 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং 0·108 গ্রাম জল পাওয়া যায়। ঐ অ্যাসিডের 0·059 গ্রাম প্রশমিত করিতে $\frac{N}{10}$ মাত্রার 10 ml বেরিয়াম হাইড্রোক্সাইড দ্রবণ প্রয়োজন হয়। অ্যাসিডের আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর।

44 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইডে 12 গ্রাম কার্বন আছে

$\therefore$ 0·352 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইডে $\frac{12 \times 0{\cdot}352}{44}$ গ্রাম কার্বন আছে

$\therefore$ অ্যাসিডে কার্বনের শতকরা পরিমাণ $= \frac{12 \times 0{\cdot}352 \times 100}{0{\cdot}236 \times 44} = 40{\cdot}67$

আবার, 18 গ্রাম জলে 2 গ্রাম হাইড্রোজেন আছে

$\therefore$ 0·108 " " $\frac{2 \times 0{\cdot}108}{18}$ " "

$\therefore$ অ্যাসিডে হাইড্রোজেনের শতকরা পরিমাণ $= \frac{2 \times 0{\cdot}108 \times 100}{0{\cdot}236 \times 18} = 5{\cdot}08$

$\therefore$ অক্সিজেনের শতকরা পরিমাণ $= 100 - (40{\cdot}67 + 5{\cdot}08) = 54{\cdot}24$

$\therefore$ ওজনের অনুপাতে $C : H : O = 40{\cdot}67 : 5{\cdot}08 : 54{\cdot}24$

এবং পরমাণু সংখ্যার অনুপাতে $C : H : O = \frac{40{\cdot}67}{12} : \frac{5{\cdot}08}{1} : \frac{54{\cdot}24}{16}$

$= 3{\cdot}39 : 5{\cdot}08 : 3{\cdot}39$

$= 1 : 1{\cdot}5 : 1$ (3·39 দ্বারা ভাগ করিয়া)

অতএব, সরলতম পূর্ণ সংখ্যার অনুপাতে $C : H : O = 2 : 3 : 2$

$\therefore$ জৈব অ্যাসিডের স্থূল সঙ্কেত $C_2H_3O_2$

10 ml $\frac{N}{10}$ বেরিয়াম হাইড্রোক্সাইড 0·118 গ্রাম অ্যাসিড প্রশমিত করে। কিন্তু 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক বেরিয়াম হাইড্রোক্সাইড 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক অ্যাসিড প্রশমিত করিবে।

10 ml $\frac{N}{10}$ বেরিয়াম হাইড্রোক্সাইড দ্রবণ $\equiv$ 1 ml (N) বেরিয়াম হাইড্রোক্সাইড দ্রবণ

1 ml (N) $Ba(OH)_2$ দ্রবণ $\equiv 0{\cdot}059$ গ্রাম অ্যাসিড

$\therefore$ 1000" " " " $\equiv 59$ " "

$\therefore$ অ্যাসিডের তুল্যাঙ্ক ভার $= 59$

$\therefore$ অ্যাসিডের আণবিক গুরুত্ব = তুল্যাঙ্ক-ভার × ক্ষার-গ্রাহিতা

$= 59 \times 2 = 118$

মনে করি, অ্যাসিডের আণবিক সঙ্কেত $(C_2H_3O_2)_n$ [n = একটি পূর্ণ সংখ্যা]

$\therefore$ $(C_2H_3O_2)_n = 118$ $\therefore$ $n(24+3+32) = 118$ বা $n = 2$

সুতরাং নির্ণেয় আণবিক সঙ্কেত $C_4H_6O_4$

(৩১) 1 গ্রাম অবিশুদ্ধ Na_2CO_3 জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণের আয়তন 250 c.c. করা হইল। এই দ্রবণের 50 c.c.-এর সহিত 50 c.c. 0·1N HCl মিশানো হইল। উৎপন্ন মিশ্রণ সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করিতে 10·0 c.c. 0·16(N) NaOH দ্রবণ প্রয়োজন। অবিশুদ্ধ Na_2CO_3-এ বিশুদ্ধ Na_2CO_3-এর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।

50 c.c. 0·1N HCl দ্রবণ ≡ (50 × ·1) c.c. (N) HCl দ্রবণ
≡ 5 c.c. (N) HCl দ্রবণ।

10 c.c. 0·16 (N) NaOH দ্রবণ ≡ (10 × 0·16) c.c. বা 1·6 c.c. (N) NaOH দ্রবণ
≡ 1·6 c.c. (N) HCl দ্রবণ।

সুতরাং (5 − 1·6) বা 3·4 c.c. (N) HCl দ্রবণ 50 c.c. Na_2CO_3 দ্রবণকে প্রশমিত করে। মনে করি Na_2CO_3 দ্রবণের শক্তি x (N)।

তাহা হইলে 50 c.c. x (N) Na_2CO_3 ≡ 3·4 c.c. (N) HCl দ্রবণ

∴ $x = \frac{3·4}{50}$ বা Na_2CO_3 দ্রবণের মাত্রা $\frac{3·4}{50}$ (N) বা 0·068 (N)

1 c.c. (N) Na_2CO_3 দ্রবণে $\frac{53}{1000}$ বা 0·053 গ্রাম Na_2CO_3 আছে।

∴ 250 c.c. 0·068 (N) Na_2CO_3 দ্রবণে (0·053 × 0·068 × 250) বা 0·901 গ্রাম Na_2CO_3 আছে। কিন্তু প্রশ্নানুসারে 250 c.c. দ্রবণে 1 গ্রাম অবিশুদ্ধ Na_2CO_3 আছে।

∴ 1 গ্রাম অবিশুদ্ধ Na_2CO_3-এ 0·901 গ্রাম বিশুদ্ধ Na_2CO_3 বর্তমান

∴ 100 " " " 90·1 " " Na_2CO_3 "

∴ অবিশুদ্ধ নমুনায় বিশুদ্ধ কার্বনেটের শতকরা পরিমাণ = 90·1 ভাগ

(৩২) 1 গ্রাম অনার্দ্র Na_2CO_3 এবং K_2CO_3 মিশ্রণ জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণের আয়তন 250 c.c. করা হইল। ঐ দ্রবণের 25 c.c. প্রশমিত করিতে একটি অজ্ঞাত মাত্রা HCl দ্রবণের 20 c.c. প্রয়োজন হয় এবং প্রশম দ্রবণে উপস্থিত ক্লোরাইড 16·24 c.c. 0·1 N $AgNO_3$ দ্রবণ দ্বারা সম্পূর্ণভাবে অধঃক্ষিপ্ত হয়। মিশ্রণে K_2CO_3-এর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।

ক্লোরাইড ও সিলভার নাইট্রেটের বিক্রিয়ার অধঃক্ষেপণ উহাদের তুল্যাঙ্ক হিসাবে হয়।

∴ 20 c.c. HCl দ্রবণ ≡ 16·24 c.c. 0·1 N $AgNO_3$ দ্রবণ
≡ 16·24 c.c. 0·1 N HCl দ্রবণ

∴ HCl অ্যাসিড দ্রবণের মাত্রা $= \frac{16·24 \times ·1}{20}$ N বা 0·0812 N

আবার 25 c.c. লঘু ক্ষারীয় দ্রবণ ≡ 16·24 c.c. 0·1 N HCl দ্রবণ

∴ 250 c.c. " " " ≡ 16·24 (N) HCl দ্রবণ

K_2CO_3-এর তুল্যাঙ্ক ভার $= \frac{2 \times 39 + 12 + 3 \times 16}{2} = 69$

এবং Na_2CO_3" " " = 53 ;

মনে করি, 1 গ্রাম মিশ্রণে K_2CO_3 আছে x গ্রাম। তাহা হইলে
1 গ্রাম মিশ্রণে Na_2CO_3 আছে $(1 - x)$ গ্রাম।

আবার 69 গ্রাম $K_2CO_3 \equiv 1000$ c.c. (N) HCl দ্রবণ

$\therefore\ x$ " " $\equiv \frac{1000 \times x}{69}$ c.c. (N) HCl দ্রবণ

এবং 53 " $Na_2CO_3 \equiv 1000$ c.c. (N) HCl দ্রবণ

$\therefore\ (1-x)$ " " $\equiv \frac{1000 \times (1-x)}{53}$ c.c. (N) HCl দ্রবণ

$$\therefore\ \frac{1000 \times x}{69} + \frac{1000 \times (1-x)}{53} = 16{\cdot}24$$

$$\therefore\ 53x + 69 - 69x = \frac{16{\cdot}24 \times 69 \times 53}{1000}$$

$$\therefore\ x = \frac{1000 \times 69 - 16{\cdot}24 \times 69 \times 53}{1000 \times 16}$$

$\therefore\ K_2CO_3$-এর শতকরা হার $= \frac{0{\cdot}6006 \times 100}{1}$ বা 60·06

(৩৩) 1·524 গ্রাম NH_4Cl জলে দ্রবীভূত করিয়া উহাতে 50 c.c. (N) KOH দ্রবণ মিশানোর পর উত্তপ্ত করা হইল। সমস্ত NH_3 বাহির হওয়ার পর অবশিষ্ট দ্রবণকে 30·95 c.c. (N) H_2SO_4 দ্বারা প্রশমিত করা হইল। NH_4Cl-এর মধ্যে কত শতাংশ অ্যামোনিয়া বর্তমান নির্ণয় কর।

30·95 c.c. (N) $H_2SO_4 \equiv$ 30·95 c.c. (N) KOH দ্রবণ

$\therefore$ (50 − 30·95) c.c. KOH দ্রবণ প্রয়োজন হয় সমগ্র NH_4Cl হইতে NH_3 উৎপন্ন করার জন্য।

অর্থাৎ (50 − 30·95) c.c. বা 19·05 (N) KOH দ্রবণ ≡ 19·05 (N) NH_3

কিন্তু NH_3-এর তুল্যাঙ্ক = 17

$\therefore$ 1000 c.c. (N) NH_3 দ্রবণে NH_3 আছে 17 গ্রাম

$\therefore$ 19·05 c.c. " " " " " $\frac{17 \times 19{\cdot}05}{1000}$

বা 0·32385 গ্রাম

তাহা হইলে 1·524 গ্রাম NH_4Cl-এ NH_3 আছে 0·32385 গ্রাম

$\therefore$ 100 " " " " " $\frac{0{\cdot}32385 \times 100}{1{\cdot}524}$

বা 21·25 গ্রাম

(৩৪) একটি $(NH_4)_2SO_4$ দ্রবণের 10 ml-তে অতিরিক্ত পরিমাণ NaOH দ্রবণ মিশাইয়া উত্তপ্ত করার পর যে NH_3 গ্যাস নির্গত হয় তাহা 50 ml 0·1N মাত্রার HCl দ্রবণে শোষিত করা হইল। অবশিষ্ট দ্রবণের HCl প্রশমিত করিতে 10 ml 0·2N মাত্রার NaOH দ্রবণ প্রয়োজন। $(NH_4)_2SO_4$ দ্রবণে লিটার প্রতি কত গ্রাম $(NH_4)_2SO_4$ বর্তমান আছে?

অ্যামোনিয়ার সহিত বিক্রিয়ায় ব্যয়িত (N) HCl-এর আয়তন

$$=(50{\cdot}0\times0{\cdot}1-10\times0{\cdot}2)\text{ ml}=(5{\cdot}0-2{\cdot}0)=3\text{ ml}$$

অ্যামোনিয়াম সালফেটের তুল্যাঙ্ক-ভার $=\frac{28+8+32+64}{2}=66$

$\therefore$ 1000 ml (N) HCl $\equiv$ 66 গ্রাম $(NH_4)_2SO_4$

$\therefore$ 3 " " " $\equiv\frac{66\times3}{1000}$ বা 0·198 গ্রাম $(NH_4)_2SO_4$

$\therefore$ 10 ml $(NH_4)_2SO_4$ দ্রবণে 0·198 গ্রাম $(NH_4)_2SO_4$ আছে

$\therefore$ 1000 " " " 19·8 " " "

$\therefore$ লিটার প্রতি 19·8 গ্রাম $(NH_4)_2SO_4$ বর্তমান।

(৩৫) একটি NaOH দ্রবণের প্রতি লিটারে 4·74 গ্রাম NaOH থাকিলে এই দ্রবণের 60 ml প্রশমিত করিতে প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় কি আয়তনের হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রয়োজন ? (Na = 23, Cl = 35·5)

এই দ্রবণের 1000 ml দ্রবণে 4·74 গ্রাম NaOH আছে।

$\therefore$ 60 " " $\frac{4{\cdot}74\times60}{1000}$ বা 0·2844 গ্রাম NaOH আছে।

আমরা জানি এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক NaOH, এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক HCl দ্বারা প্রশমিত হয়। অর্থাৎ 40 গ্রাম NaOH প্রশমিত করিতে 36·5 গ্রাম HCl প্রয়োজন হয়।

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে 36·5 গ্রাম HCl গ্যাসের আয়তন প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 22·4 লিটার।

$\therefore$ 40 গ্রাম NaOH প্রশমিত করিতে প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রার 22·4 লিটার HCl গ্যাসের প্রয়োজন।

$\therefore$ 0·2844 গ্রাম NaOH প্রশমিত করিতে প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় $\frac{22{\cdot}4\times0{\cdot}2844}{40}$ বা **0·1592 লিটার** HCl গ্যাসের প্রয়োজন।

সপ্তম অধ্যায়

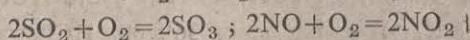
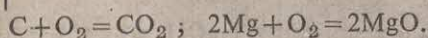
জারণ ও বিজারণ

[**Syllabus :** Oxidation and Reduction—old and new electronic concept—Interrelation between the two. Oxidation number—balancing equations by Oxidation number method (simple examples only from reactions under the purview of the syllabus). Electropotential series of metals.]

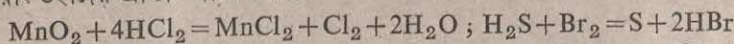
জারণ (Oxidatin) : **সাধারণ ভাবে কোন পদার্থের সহিত অক্সিজেনের প্রত্যক্ষ সংযোগ বা অক্সিজেনের অনুপাত বৃদ্ধিকে জারণ ক্রিয়া বলে** এবং যে পদার্থে অক্সিজেন যুক্ত হয় বা উহার অনুপাত বাড়ে তাহা জারিত হইয়াছে বলা হয়। যেমন,

কার্বন, ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতি অক্সিজেনে দহনকালে অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া অক্সাইডে জারিত হয়। সালফার ডাই-অক্সাইড (প্রভাবকের উপস্থিতিতে) এবং নাইট্রিক অক্সাইড সরাসরি অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়ায় অক্সিজেনের অনুপাত বৃদ্ধি দ্বারা জারিত হইয়া যথাক্রমে সালফার ট্রাই-অক্সাইড এবং নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$C+O_2=CO_2\ ;\quad 2Mg+O_2=2MgO.$$

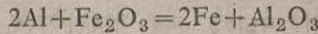
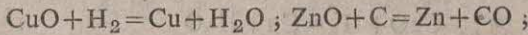
$$2SO_2+O_2=2SO_3\ ;\ 2NO+O_2=2NO_2\,।$$

আবার **কোন যৌগ হইতে হাইড্রোজেন অপসারণকেও বলা হয় জারণ।**

ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিলে ক্লোরিন উৎপন্ন হয় ; হাইড্রোজেন সালফাইড ও ব্রোমিন-জলের ক্রিয়ায় সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয়। এখানে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এবং হাইড্রোজেন সালফাইড হইতে হাইড্রোজেন অপসারিত হইয়া যথাক্রমে ক্লোরিন ও সালফার উৎপন্ন হইয়াছে। সুতরাং উহাদের প্রতিটি জারণ ক্রিয়া।

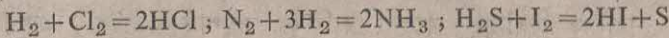
$$MnO_2+4HCl_2=MnCl_2+Cl_2+2H_2O\ ;\ H_2S+Br_2=S+2HBr$$

আরও ব্যাপক অর্থে জারণ শব্দের ব্যবহার হয়। **যে সমস্ত প্রক্রিয়ায় পদার্থে অক্সিজেন বা অক্সিজেনের ন্যায় অপরা-তড়িৎবাহী কোন মৌল বা মূলকের সংযোগ ঘটে অথবা হাইড্রোজেন বা তদনুরূপ পরা-তড়িৎবাহী মৌল অন্য পদার্থ হইতে দূরীভূত হয় তাহাকে জারণ বলে।**
যেমন—$2FeCl_2+Cl_2=2FeCl_3\ ;\ 2KI+H_2O_2=2KOH+I_2$

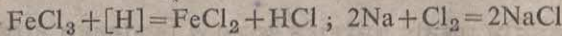
এখানে ফেরাস ক্লোরাইডে অপরা-তড়িৎবাহী ক্লোরিনের সংযুক্তি হইয়া বা বৃদ্ধি পাইয়া ফেরিক ক্লোরাইড উৎপন্ন হইয়াছে বলিয়া উহা জারণের উদাহরণ। আবার পটাসিয়াম আয়োডাইড হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়ায় ইহার পরা-তড়িৎ ধর্মী পটাসিয়াম অপসারিত করিয়া আয়োডিন মৌলে জারিত হইয়াছে।

বিজারণ (Reduction) : জারণ ক্রিয়ার ঠিক বিপরীত ক্রিয়াই বিজারণ। **কোন যৌগ হইতে অক্সিজেনের অপসারণ বা উহার অনুপাতের হ্রাসকে বিজারণ বলে। আবার কোন পদার্থে হাইড্রোজেনের প্রত্যক্ষ সংযোগ ও ইহার অনুপাত বৃদ্ধিকেও বলা হয় বিজারণ।** যে পদার্থ হইতে অক্সিজেন সরিয়া যায় অথবা যাহাতে হাইড্রোজেন যুক্ত হয় তাহা বিজারিত হইয়াছে বলা হয়। যেমন, উত্তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইডে হাইড্রোজেন প্রবাহিত করিলে ধাতব কপার ও জল উৎপন্ন হয়। উত্তপ্ত জিঙ্ক অক্সাইড ও কার্বনের বিক্রিয়ায় ধাতব জিঙ্ক ও কার্বন মনোক্সাইড পাওয়া যায়। অ্যালুমিনিয়াম উত্তপ্ত ফেরিক অক্সাইড হইতে ধাতব আয়রন গঠন করে।

$$CuO + H_2 = Cu + H_2O \; ; \; ZnO + C = Zn + CO \; ;$$
$$2Al + Fe_2O_3 = 2Fe + Al_2O_3$$

উপরের প্রতিটি অক্সাইড হইতে বিক্রিয়াকালে অক্সিজেন দূরীভূত হইয়াছে বা ইহারা বিজারিত হইয়াছে।

আবার হাইড্রোজেন ক্লোরিন ও নাইট্রোজেনের সহিত প্রত্যক্ষভাবে সংযুক্ত হইয়া যথাক্রমে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ও অ্যামোনিয়া উৎপাদন করে। আয়োডিন হাইড্রোজেন সালফাইডের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড ও সালফার দেয়। এইসব ক্ষেত্রে ক্লোরিন, নাইট্রোজেন, আয়োডিন হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়াছে। সুতরাং এইসব বিজারণ ক্রিয়া।

$$H_2 + Cl_2 = 2HCl \; ; \; N_2 + 3H_2 = 2NH_3 \; ; \; H_2S + I_2 = 2HI + S$$

ব্যাপক অর্থে বলিতে গেলে, **যে সমস্ত প্রক্রিয়াতে অক্সিজেন বা ইহার ন্যায় অপরা-তড়িৎবাহী কোন মৌল কোন যৌগ হইতে অপসারিত হয় অথবা হাইড্রোজেন বা তদনুরূপ পরা-তড়িৎবাহী মৌল অন্য কোন মৌল বা যৌগের সহিত যুক্ত হয় তাহার নাম বিজারণ ক্রিয়া।** যেমন,

$$FeCl_3 + [H] = FeCl_2 + HCl \; ; \; 2Na + Cl_2 = 2NaCl$$

জায়মান
হাইড্রোজেন

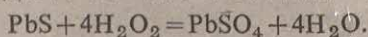
এখানে ফেরিক ক্লোরাইড হইতে অপরা-তড়িৎবাহী ক্লোরিনের অনুপাত হ্রাস হইয়াছে বলিয়া উহা বিজারণের উদাহরণ। আবার ক্লোরিনের সহিত পরা-তড়িৎ-ধর্মী সোডিয়াম সংযুক্ত হইয়াছে বলিয়া ক্লোরিন সোডিয়াম ক্লোরাইডে বিজারিত হইয়াছে।

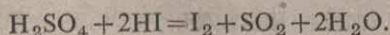
জারক ও বিজারক দ্রব্য (Oxidising and reducing agents) : যে দ্রব্য অন্য পদার্থকে অক্সিজেন ও অক্সিজেনের ন্যায় অপরা-তড়িৎযুক্ত মৌল সরবরাহ করে, যাহা অন্য পদার্থ হইতে হাইড্রোজেন ও হাইড্রোজেনের ন্যায় পরা-তড়িৎ ধর্মী মৌল অপসারিত করে তাহাই **জারক দ্রব্য।** যেমন অক্সিজেন, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড, হ্যালোজেন, নাইট্রিক অ্যাসিড, পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট, পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ইত্যাদি।

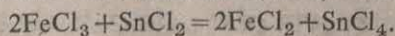
যে সকল দ্রব্য ঠিক জারক দ্রব্যের বিপরীত আচরণ করে অর্থাৎ যাহারা অন্য পদার্থ হইতে অক্সিজেন ও অক্সিজেনের ন্যায় 'অপরা-তড়িৎ ধর্মী মৌল অপসারণ করে বা অনুপাত হ্রাস করে অথবা যাহারা অন্য পদার্থের সহিত হাইড্রোজেন ও হাইড্রোজেনের ন্যায় পরা-তড়িৎধর্মী মৌলের সংযুক্তি ঘটায় বা অনুপাত বাড়ায় তাহারা **বিজারক দ্রব্য।** যেমন গ্যাসীয় হাইড্রোজেন, জায়মান হাইড্রোজেন, হাইড্রোজেন সালফাইড, সালফার ডাই-অক্সাইড, ষ্ট্যানাস ক্লোরাইড ইত্যাদি।

জারণ ও বিজারণ একই সঙ্গে ঘটেঃ একটু লক্ষ্য করিলেই দেখা যায়, জারণ ও বিজারণ ক্রিয়া যুগপৎ সম্পন্ন হয়। জারক দ্রব্য জারণক্রিয়াকালে নিজে বিজারিত হয়। অপর পক্ষে, বিজারক দ্রব্য কোন পদার্থকে বিজারিত করিতে গিয়া নিজে জারিত হয়। (অ) উত্তপ্ত কপার অক্সাইড হাইড্রোজেন গ্যাস দ্বারা কপারে বিজারিত হয়, এখানে হাইড্রোজেন বিজারক। কিন্তু বিক্রিয়াকালে হাইড্রোজেন নিজে জলে জারিত হয়। $CuO + H_2 = Cu + H_2O$

(আ) হাইড্রোজেন পার অক্সাইড লেড সালফাইডকে লেড সালফেটে জারিত করে। জারক দ্রব্য হাইড্রোজেন পার অক্সাইড নিজে বিজারিত হইয়া জল হয়।

$$PbS + 4H_2O_2 = PbSO_4 + 4H_2O.$$

(ই) সালফিউরিক অ্যাসিড ও হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড আয়োডিনে জারিত হয় এবং সালফিউরিক অ্যাসিড সালফার ডাই-অক্সাইডে বিজারিত হয়।

$$H_2SO_4 + 2HI = I_2 + SO_2 + 2H_2O.$$

(ঈ) স্ট্যানাস ক্লোরাইড একটি শক্তিশালী বিজারক। ইহা ফেরিক ক্লোরাইডকে ফেরাস ক্লোরাইডে বিজারিত করে (ক্লোরিনের অনুপাত কমাইয়া) এবং নিজে স্টানিক ক্লোরাইডে জারিত হয় (ক্লোরিনের অনুপাত বৃদ্ধি দ্বারা)।

$$2FeCl_3 + SnCl_2 = 2FeCl_2 + SnCl_4.$$

জারণ বিজারণ কালে মৌলের **যোজ্যতার পরিবর্তনও** লক্ষ্য করার বিষয়। জারণে নিম্ন হইতে উচ্চে এবং বিজারণে উচ্চ হইতে নিম্নে যোজ্যতার পরিবর্তন হয়।

ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুসারে জারণ ও বিজারণের ব্যাখ্যাঃ বর্তমানে মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রনীয় গঠন সম্বন্ধে সম্যক জ্ঞানের ভিত্তিতে ইহা প্রতিষ্ঠিত সত্য যে রাসায়নিক বিক্রিয়া বিভিন্ন পরমাণুর সর্ববহিঃস্থ কক্ষের ইলেকট্রনের পরস্পর আদান প্রদানের ফলে সংঘটিত হয়। কোন কোন রাসায়নিক ক্রিয়ায় পরমাণুগুলির ইলেকট্রন সংখ্যা হ্রাস, আবার কোন কোন ক্রিয়ায় বৃদ্ধি পায়। স্বাভাবিক অবস্থায় পরমাণু তড়িৎ নিরপেক্ষ। ধাতু ও হাইড্রোজেন ইলেকট্রন ত্যাগ করিয়া পরা-তড়িৎবাহী আয়নে (ক্যাটায়নে) এবং অধাতুগুলি ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া অপরা-তড়িৎবাহী আয়নে (অ্যানায়নে) পরিণত হয়।

জারণ বিজারণও রাসায়নিক ক্রিয়া। এক্ষেত্রেও পরমাণুগুলির সবচেয়ে বাহিরের কক্ষের ইলেকট্রনগুলি অংশ গ্রহণ করে। ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুসারে **যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কোন পরমাণু বা আয়ন হইতে এক বা একাধিক**

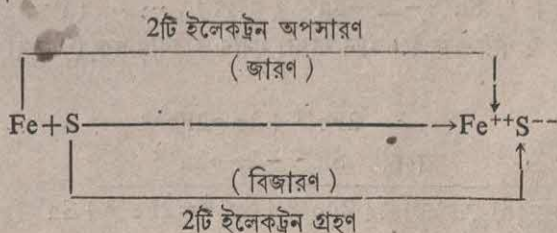
ইলেকট্রন অপসারিত হয় তাহাকে জারণ বলে অর্থাৎ পরমাণু বা আয়ন ইলেকট্রন ত্যাগ করিলে জারিত (oxidised) হইয়াছে বলা হয়। পক্ষান্তরে, যে রাসায়নিক ক্রিয়ায় পরমাণু বা আয়ন ইলেকট্রন গ্রহণ করে তাহাই বিজারণ অর্থাৎ পরমাণু বা আয়নে ইলেকট্রন সংখ্যা বৃদ্ধি পাইলে উহা বিজারিত হইয়াছে বলা হয়।

জারণ	বিজারণ
$Na - e \rightarrow Na^{+}$ (বা Na^{+1})	$Na^{+} + e \rightarrow Na$
$Zn - 2e \rightarrow Zn^{++}$ (বা Zn^{+2})	$Zn^{++} + 2e \rightarrow Zn$
$Fe^{++} - e \rightarrow Fe^{+++}$ (বা Fe^{+3})	$Fe^{+++} + e \rightarrow Fe^{++}$
$2I^{-} - 2e \rightarrow I_2$	$I_2 + 2e \rightarrow 2I^{-}$ (বা I^{-1})
$Cl^{-} - e \rightarrow Cl$	$Cl + e \rightarrow Cl^{-}$
$S^{--} - 2e \rightarrow S$	$S + 2e \rightarrow S^{--}$ (বা S^{-2})

ইহা স্পষ্ট যে জারণ কালে ধাতব মৌল আয়নে পরিণত হয়, নিম্ন যোজ্যতার ধাতব আস্ ক্যাটায়ন উচ্চযোজ্যতাসম্পন্ন ইক্ আয়নে রূপান্তরিত হয়। আবার অধাতব আয়ন বা অ্যানায়ন অধাতক মৌলে পরিণত হয়।

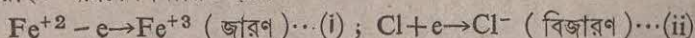
বিজারণে ঠিক বিপরীত ঘটে। বিজারণে অধাতব মৌল আয়নে, উচ্চযোজ্যতা-সম্পন্ন ইক্ ক্যাটায়ন নিম্ন যোজ্যতাসম্পন্ন আস্ আয়নে এবং ধাতব আয়ন বা ক্যাটায়ন ধাতব মৌলে পরিণত হয়।

যে পদার্থ ইলেকট্রন গ্রহণ করে অর্থাৎ নিজে বিজারিত হয় **তাহাই জারক দ্রব্য** এবং **যে পদার্থ ইলেকট্রন ত্যাগ করে** অর্থাৎ নিজে জারিত হয় **তাহা বিজারক দ্রব্য।** জারণ-বিজারণ পদ্ধতিতে কোন পরমাণু বা আয়ন যে সংখ্যক ইলেকট্রন বর্জন করে সেই সংখ্যক ইলেকট্রন অন্য পরমাণু বা আয়ন গ্রহণ করে। জারণ ক্রিয়ায় যে ইলেকট্রন বর্জিত হয় তাহা গ্রহণ করিবার জন্য একটি জারক দ্রব্য প্রয়োজন এবং অনুরূপভাবে বিজারণ ক্রিয়ায় যে ইলেকট্রন গৃহীত হয় তাহা দান করিবার জন্য একটি বিজারক দ্রব্য প্রয়োজন। সুতরাং জারণ-বিজারণ ক্রিয়া যুগপৎ ঘটে।

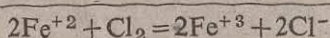
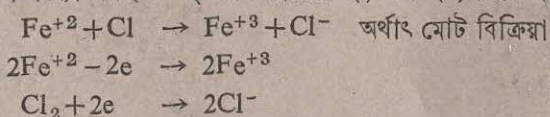
লক্ষ্য করিলেই দেখা যাইবে জারণ ক্রিয়ায় অক্সিজেন্ বা অক্সিজেন সমন্বিত যৌগের উপস্থিতি আবশ্যিক নয়। আয়রন ও সালফারের রাসায়নিক সংযোগও একটি জারণ-বিজারণ ক্রিয়া।

কয়েকটি পরিচিত উদাহরণ (১) ফেরাস ক্লোরাইড দ্রবণে ক্লোরিন প্রবাহিত করিলে ফেরিক ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। $2FeCl_2+Cl_2=2FeCl_3$.

আয়নীয় তত্ব মতে এই বিক্রিয়া মূলত Fe^{+2} আয়ন এবং ক্লোরিনের পারস্পরিক ক্রিয়া এবং এই মতে উক্ত সমীকরণটি নিম্নরূপে ব্যক্ত করা যায়।

প্রতিটি ফেরাস আয়ন একটি ইলেকট্রন ত্যাগ করিয়া ফেরিক আয়নে জারিত হয় এবং তড়িৎ-নিরপেক্ষ ক্লোরিন পরমাণু (জারক) একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া ক্লোরাইড আয়নে বিজারিত হয়।

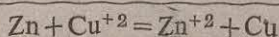
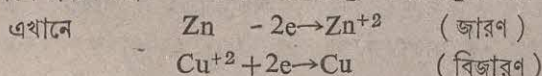
$Fe^{+2}-e\rightarrow Fe^{+3}$ (জারণ)...(i) ; $Cl+e\rightarrow Cl^-$ (বিজারণ)...(ii)

এখানে Fe^{+2} কর্তৃক পরিত্যক্ত ইলেকট্রন সংখ্যা এবং ক্লোরিন পরমাণু কর্তৃক গৃহীত ইলেকট্রন সংখ্যা একই। সুতরাং সমীকরণ (i) এবং (ii) যোগ করিলে,

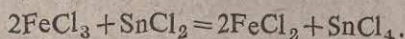
$Fe^{+2}+Cl \rightarrow Fe^{+3}+Cl^-$ অর্থাৎ মোট বিক্রিয়া

$$2Fe^{+2}-2e \rightarrow 2Fe^{+3}$$
$$Cl_2+2e \rightarrow 2Cl^-$$
$$\overline{2Fe^{+2}+Cl_2=2Fe^{+3}+2Cl^-}$$

(২) কপার সালফেট দ্রবণে জিঙ্ক যোগ করিলে কপার অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং জিঙ্ক সালফেট রূপে দ্রবণে যায়। $Zn+CuSO_4=ZnSO_4+Cu$

এখানে $Zn-2e\rightarrow Zn^{+2}$ (জারণ)

$Cu^{+2}+2e\rightarrow Cu$ (বিজারণ)

$$\overline{Zn+Cu^{+2}=Zn^{+2}+Cu}$$

(৩) ফেরিক ক্লোরাইড ও স্ট্যানাস ক্লোরাইড দ্রবণের বিক্রিয়ায় ফেরিক ক্লোরাইড বিজারিত হইয়া ফেরাস ক্লোরাইড ও স্ট্যানাস ক্লোরাইড জারিত হইয়া স্ট্যানিক ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

$$2FeCl_3+SnCl_2=2FeCl_2+SnCl_4.$$

এখানে মূলতঃ Fe^{+3} এবং Sn^{+2} আয়নের মধ্যেই পারস্পরিক বিক্রিয়া হয়। Cl^- আয়নের কোন বিশেষ ভূমিকা নাই।

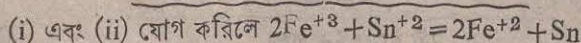
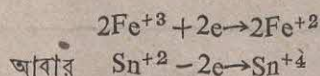
এখানে জারক দ্রব্য ফেরিক আয়ন একটি ইলেকট্রন গ্রহণ দ্বারা ফেরাস আয়নে বিজারিত হয়। $Fe^{+3}+e\rightarrow Fe^{+2}$ (বিজারণ) ... (i)

বিজারক প্রতিটি স্ট্যানাস আয়ন দুইটি ইলেকট্রন অপসারণ দ্বারা স্ট্যানিক আয়নে জারিত হয়। $Sn^{+2}-2e\rightarrow Sn^{+4}$ (জারণ) ... (ii)

গৃহীত ও পরিত্যক্ত ইলেকট্রন সংখ্যা সমান করিবার জন্য (i) সমীকরণকে 2 দ্বারা গুণ করিয়া

$$2Fe^{+3}+2e\rightarrow 2Fe^{+2}$$

আবার $Sn^{+2}-2e\rightarrow Sn^{+4}$

(i) এবং (ii) যোগ করিলে $2Fe^{+3}+Sn^{+2}=2Fe^{+2}+Sn$

একইভাবে নিম্নলিখিত জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া ইলেকট্রনীয় তত্ত্বমতে লিখা যায়

(ক) $2KI+Cl_2=2KCl+I_2$

জারক দ্রব্যের সমীকরণ $Cl_2+2e \rightarrow 2Cl^-$ (i)

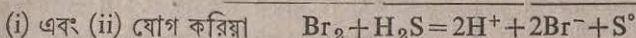
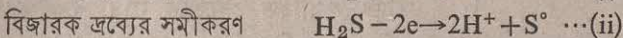
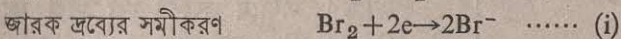
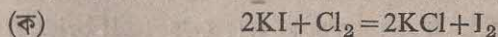
বিজারক দ্রব্যের সমীকরণ $2I^- - 2e \rightarrow I_2$ (ii)

(i) এবং (ii) যোগ করিয়া $2I^- + Cl_2 = I_2 + 2Cl^-$

(খ) $Br_2+H_2S=2HBr+S$

জারক দ্রব্যের সমীকরণ $Br_2+2e \rightarrow 2Br^-$ …… (i)

বিজারক দ্রব্যের সমীকরণ $H_2S-2e \rightarrow 2H^+ + S^\circ$ …(ii)

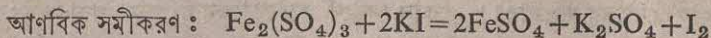
(i) এবং (ii) যোগ করিয়া $Br_2+H_2S=2H^+ + 2Br^- + S^\circ$

(S° সালফারের তড়িৎ নিরপেক্ষতা নির্দেশিত করে)।

জারণ বিজারণ ক্রিয়ার আয়নিক সমীকরণ লিখিতে নিম্নলিখিত নিয়ম মনে রাখিতে হয়।

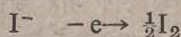
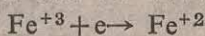
(অ) বিক্রিয়াজাত পদার্থের নাম জানা দরকার। (আ) জারক দ্রব্যের আংশিক সমীকরণ ইলেকট্রন গ্রহণ দেখাইয়া প্রকাশ করিতে হয়। (ই) বিজারক দ্রব্যের আংশিক সমীকরণ ইলেকট্রন অপসারণ দেখাইয়া প্রকাশ করিতে হয়। (ঈ) দুইটি অর্ধ বিক্রিয়ায় বা আংশিক সমীকরণে ইলেকট্রন সংখ্যা সমান না থাকিলে উহা সমান করিবার জন্য প্রয়োজন মত কোন সংখ্যা দ্বারা আংশিক সমীকরণকে গুণ করিতে হয়। (উ) আংশিক সমীকরণ দুইটি যোগ করিতে হয়।

পরীক্ষার সাহায্যে জারণ-বিজারণ ক্রিয়ায় ইলেকট্রন-স্থানান্তরের প্রমাণঃ কয়েকটি জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ায় ইলেকট্রনের স্থানান্তর প্রত্যক্ষভাবে প্রমাণ করা যায়। উদাহরণ স্বরূপ এখানে ফেরিক সালফেট দ্রবণ এবং পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণের বিক্রিয়া আলোচনা করা হইল।

একটি পরীক্ষা নলে কয়েক ml ফেরিক সালফেট দ্রবণ লইয়া উহাতে কয়েক ফোঁটা পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ যোগ করিলে আয়োডিন মুক্তির জন্য সমস্ত দ্রবণই বাদামী বর্ণ ধারণ করে। এই ক্ষেত্রে ফেরিক সালফেট ফেরাস সালফেটে বিজারিত এবং পটাসিয়াম আয়োডাইড আয়োডিনে জারিত হয়।

আণবিক সমীকরণ: $Fe_2(SO_4)_3+2KI=2FeSO_4+K_2SO_4+I_2$

আয়নিক তত্ত্বমতে এই বিক্রিয়ার সমীকরণ নিম্নরূপ:

$$Fe^{+3}+e \rightarrow Fe^{+2}$$

$$I^- \quad -e \rightarrow \tfrac{1}{2}I_2$$

দেখা যাইতেছে বিক্রিয়ায় আয়োডাইড (I^-) আয়ন হইতে ইলেকট্রন ফেরিক আয়নে (Fe^{+3}) স্থানান্তরিত হইয়াছে।

দুইটি দ্রবণকে মিশ্রিত না করিয়াও উপরের বিক্রিয়া সংঘটিত করা সম্ভব।

দুইটি বীকারে পৃথক ভাবে পটাসিয়াম আয়োডাইড এবং ফেরিক সালফেট দ্রবণ লইয়া প্রতিটি দ্রবণে একটি প্লাটিনাম তড়িৎদ্বার ডুবানো হইল। অতঃপর দুইটি তড়িৎদ্বারকে একটি ভল্টামিটারের সহিত যুক্ত করা হইল এবং দুইটি দ্রবণের সংযোগ

রক্ষা করিবার জন্য সাধারণ লবণে সিক্ত একখণ্ড কাগজ উভয় লবণের দ্রবণে চিত্র ১(২৭) অনুযায়ী রাখা হইল। এই কাগজখণ্ডকে লবণ সেতু (salt bridge) বলা হয় এবং ইহা তড়িৎ-বর্তনী (electric circuit) সম্পূর্ণ করে।

বিশেষ ভাবে লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে, যে বীকারে পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ আছে সেই বীকারে আয়োডিন মুক্ত হওয়ায় দ্রবণ বাদামী হইয়াছে। ইহাতে প্রমাণিত হয় আয়োডাইড আয়ন আয়োডিনে জারিত হইয়াছে। এখানে দ্রবণের মধ্য দিয়া সরাসরি তড়িৎ প্রবাহিত হইতেছে না। সেইজন্য দ্রবণ তড়িৎ বিশ্লেষিত হওয়ার কোন কারণ নাই। অধিকন্তু দ্রবণ দুইটিও পরস্পরের সহিত সরাসরি যুক্ত নহে; লবণ-সেতুই তড়িৎ-বর্তনী সম্পূর্ণ করিয়াছে। সুতরাং আয়োডাইড আয়ন হইতে বিচ্যুত ইলেকট্রন অপর বীকারে স্থানান্তরিত হইয়া উহাতে উপস্থিত Fe^{+3} আয়নকে ফেরাস আয়নে (Fe^{+2}) বিজারিত করিতেছে। পটা-সিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে স্থাপিত তড়িৎ-দ্বারের চারিদিকে আয়োডিনের মুক্তি (যাহা বাদামী বর্ণ হইতে বুঝা যায়) এই প্রক্রিয়ায় ইলেকট্রনের ভূমিকা সম্পর্কে বিশেষ ভাবে আলোকপাত করে।

চিত্র ১ (২৭)—জারণ বিজারণ ক্রিয়ায় ইলেকট্রন স্থানান্তর

জারণ-বিজারণের পুরাতন ও নূতন ইলেকট্রনীয় তত্ত্বের ধারণার পারস্পরিক সম্বন্ধ ঃ বিশেষভাবে লক্ষ্য করিলে দেখা যায় পুরাতন ও নূতন তত্ত্বের দ্বারা জারণ-বিজারণ ক্রিয়া ব্যাখ্যায় ভাষাগত পার্থক্য ছাড়া অন্য কোন পার্থক্য নাই।

পুরাতন মতানুসারে **জারণ** অর্থ কোন পদার্থে অক্সিজেন বা অন্য অপরা-তড়িৎবাহী মৌলের সংযোগ অথবা কোন পদার্থ হইতে হাইড্রোজেন বা অন্য পরা-তড়িৎবাহী মৌলের অপসারণ। কোন পদার্থে হাইড্রোজেন বা অন্য পরা-তড়িৎবাহী মৌলের সংযোগ অথবা কোন পদার্থ হইতে অক্সিজেন বা অন্য অপরা-তড়িৎবাহী মৌলের অপসারণই **বিজারণ**। অপর পক্ষে ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুসারে কোন পরমাণু বা আয়ন হইতে ইলেকট্রন অপসারণের নাম **জারণ** এবং কোন পরমাণু বা আয়নের ইলেকট্রন গ্রহণই **বিজারণ**। উভয় মতেই ইহা স্বীকৃত যে জারণ ও বিজারণ ক্রিয়া যুগপৎ ঘটে।

কয়েকটি বিক্রিয়া আলোচনা করিলেই দেখা যাইবে দুইটি তত্ত্বের মূলকথা একই। যেমন, $2Mg + O_2 = 2MgO$; $2FeCl_2 + Cl_2 = 2FeCl_3$.

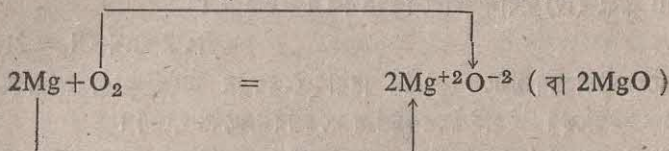
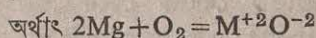
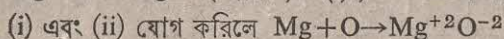
উপরের বিক্রিয়ায় পুরাতন মতে ম্যাগনেসিয়াম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড গঠন করিয়াছে এবং ফেরাস ক্লোরাইডে অপরা-তড়িৎবাহী ক্লোরিনের সংযুক্তিতে ফেরিক ক্লোরাইড উৎপন্ন করিয়াছে। উভয়ই জারণ ক্রিয়া।

ইলেকট্রনীয় তত্ত্ব অনুসারে প্রতিটি ম্যাগনেসিয়াম পরমাণু দুইটি ইলেকট্রন বর্জন দ্বারা ম্যাগনেসিয়াম আয়নে জারিত হয় এবং পরিত্যক্ত ইলেকট্রন দুইটি অক্সিজেন পরমাণু গ্রহণ করিয়া বিজারিত হয়।

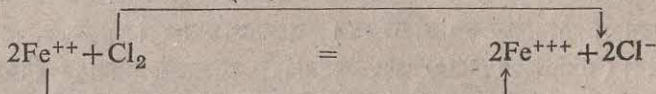
আংশিক সমীকরণ সাহায্যে দেখানো যায়,

$Mg - 2e \rightarrow Mg^{+2}$ (জারণ)···(i) ; $O + 2e \rightarrow O^{-2}$ (বিজারণ)···(ii)

(i) এবং (ii) যোগ করিলে $Mg + O \rightarrow Mg^{+2}O^{-2}$

অর্থাৎ $2Mg + O_2 = M^{+2}O^{-2}$

আবার ফেরাস ক্লোরাইড ও ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় দেখা যায় প্রতিটি ফেরাস আয়ন একটি ইলেকট্রন বর্জন করিয়া ফেরিক আয়নে জারিত হয় এবং ক্লোরিন পরমাণু একটি ইলেকট্রন গ্রহণ দ্বারা ক্লোরাইড আয়নে বিজারিত হয়।

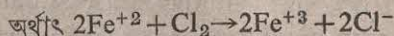
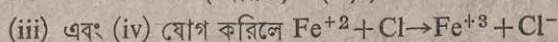
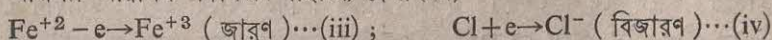
প্রতিটি পরমাণু কর্তৃক 1টি ইলেকট্রন গ্রহণ (বিজারণ)

$$2Fe^{++} + Cl_2 = 2Fe^{+++} + 2Cl^-$$

প্রতিটি আয়ন হইতে 1টি ইলেকট্রন অপসারণ (জারণ)

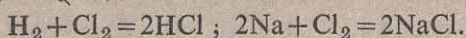
আংশিক আয়নিক সমীকরণ সাহায্যে দেখাইলে,

$Fe^{+2} - e \rightarrow Fe^{+3}$ (জারণ)···(iii) ; $Cl + e \rightarrow Cl^-$ (বিজারণ)···(iv)

(iii) এবং (iv) যোগ করিলে $Fe^{+2} + Cl \rightarrow Fe^{+3} + Cl^-$

অর্থাৎ $2Fe^{+2} + Cl_2 \rightarrow 2Fe^{+3} + 2Cl^-$

ইহা স্পষ্ট যে পুরাতন মতে জারণ ক্রিয়ায় ইলেকট্রন গ্রহণে সক্ষম অধাতুর নামোল্লেখ করিয়া উহার সহিত সংযোগ বা উহার অনুপাত বৃদ্ধি বুঝানো হয় কিন্তু ইলেকট্রনীয় মতানুসারে ইলেকট্রন গ্রহীতার নাম উহ্য থাকিলেই চলে।

পক্ষান্তরে, পুরাতন মতে বিজারণ ক্রিয়ায় ইলেকট্রন বর্জনে সক্ষম ধাতুর (অধাতু হাইড্রোজেনসহ) নামোল্লেখ করিয়া উহার সহিত সংযোগ বুঝানো হয়। কিন্তু ইলেকট্রনীয় তত্ত্ব মতে ইলেকট্রন দাতার নাম উল্লেখ থাকে না। যেমন, ক্লোরিন হাইড্রোজেনের বা সোডিয়ামের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন বা সোডিয়ামের সহিত সংযুক্ত হইয়া বিজারিত হয়।

$H_2 + Cl_2 = 2HCl$; $2Na + Cl_2 = 2NaCl$.

এক্ষেত্রে $H - e \rightarrow H^+$ (জারণ)···(i) ; $Cl + e \rightarrow Cl^-$ (বিজারণ)···(ii)
(i) এবং (ii) যোগ করিলে $HCl \rightarrow H^+Cl^-$

অর্থাৎ $H_2 + Cl_2 = 2H^+Cl^-$

এবং $Na - e \rightarrow Na^+$ (জারণ)···(iii) ; $Cl + e \rightarrow Cl^-$ (বিজারণ)···(iv)
(iii) এবং (iv) যোগ করিলে $Na + Cl \rightarrow Na^+Cl^-$

অর্থাৎ $2Na + Cl_2 = 2Na^+Cl^-$

উপরের উদাহরণগুলিতে ক্লোরিন পরমাণু ইলেকট্রন গ্রহণ দ্বারা ক্লোরাইড আয়নে বিজারিত হইয়াছে। ইহাই ইলেকট্রনীয় মতে বিজারণের সংজ্ঞা।

জারণ সংখ্যা (Oxidation number) ঃ অধিকাংশ ক্ষেত্রে ইলেকট্রন ত্যাগ বা গ্রহণ দ্বারা জারণ বিজারণ ব্যাখ্যা করা হইলেও কয়েকটি ক্ষেত্রে এই সকল রাসায়নিক ক্রিয়া অন্য একটি পদ্ধতির সাহায্যে সহজভাবে ব্যক্ত করা হয়। এই পদ্ধতির নাম জারণ সংখ্যা পদ্ধতি। কোন যৌগে উহার সংগঠক বা উপাদান প্রতিটি মৌলের যেমন একটি নির্দিষ্ট যোজ্যতা আছে, তেমনই প্রতিটি মৌলের পরমাণুর এক একটি নির্দিষ্ট জারণ সংখ্যার অস্তিত্ব কল্পনা করা হইয়াছে।

আমরা জানি, কোন পরমাণু ইলেকট্রন গ্রহণ বা বর্জন দ্বারা ইহার আয়নে পরিণত হয়। যখন কোন পরমাণু এক বা একাধিক ইলেকট্রন ত্যাগ করে তখন ইহা জারিত হইয়া পরা-ধর্মী আয়ন বা ক্যাটায়ন উৎপন্ন করে। আবার কোন পরমাণু এক বা একাধিক ইলেকট্রন গ্রহণ করিলে ইহা বিজারিত হইয়া অপরা ধর্মী আয়ন বা অ্যানায়নে রূপান্তরিত হয়। সুতরাং পরা-ধর্মী আয়নকে পরমাণুর জারিত অবস্থা (oxidised state) এবং অপরাধর্মী আয়নকে পরমাণুর বিজারিত অবস্থা reduced state) অথবা অপরা জারিত অবস্থা (negative oxidation state) বলা হয়। মুক্ত অবস্থায় কোন মৌল শূন্য জারণ অবস্থায় (Zero oxidation state) আছে মনে করা হয়। সুতরাং কোন নির্দিষ্ট যৌগে উহার উপাদান কোন মৌল যৌগ গঠন কালে যে সংখ্যক ইলেকট্রন গ্রহণ বা বর্জন করে তাহাই মৌলটির জারণ মাত্রা বা জারণ স্তর (oxidation state) এবং যে সুনির্দিষ্ট সংখ্যা দ্বারা কোন যৌগে উহার সংগঠক একটি পরমাণুর জারণস্তর প্রকাশ করা হয় তাহাকেই বলা হয় **জারণ সংখ্যা** (oxidation number)। যখন মৌলের পরমাণু যৌগ গঠনে ইলেকট্রন ত্যাগ করে অর্থাৎ জারিত হয় তখন ইহার জারণ সংখ্যা ধনাত্মক (positive) কিন্তু মৌলটির পরমাণু ইলেকট্রন গ্রহণ করিলে অর্থাৎ বিজারিত হইলে ইহার জারণ সংখ্যা ঋণাত্মক (negative) ধরা হয়।

জারণ, বিজারণ ক্রিয়ায় যোজ্যতার পরিবর্তন হয় এই মতবাদ হইতেই জারণ সংখ্যার ধারণার সূত্রপাত। পরবর্তী আলোচনায় দেখা যাইবে জারণ বিজারণ প্রক্রিয়ায় অংশ গ্রহণকারী পদার্থের প্রত্যেকটির সংগঠক কোন মৌলের জারণ সংখ্যার পরিবর্তন ঘটিবেই। সেইজন্য, জারণ সংখ্যাকে অনেক সময় যোজ্যতা সংখ্যা (Valence number) বলা হইয়া থাকে।

ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড যৌগ গঠনকালে ম্যাগনেসিয়াম পরমাণু দুইটি ইলেকট্রন বর্জন করে এবং অক্সিজেন পরমাণু এই বর্জিত ইলেকট্রন দুইটি গ্রহণ করে। সেইজন্য ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডকে $Mg^{++}O^{--}$ এইভাবে লিখা হয়। ইহা স্পষ্ট যে ম্যাগেনেসিয়াম অক্সাইড যৌগে ম্যাগনেসিয়ামের জারণ সংখ্যা +2 এবং অক্সিজেনের জারণ সংখ্যা −2. একইভাবে দেখানো যায় ফেরিক ক্লোরাইড যৌগ গঠন কালে এক পরমাণু আয়রন তিনটি ইলেকট্রন ত্যাগ করে এবং এই তিনটি ইলেকট্রন তিনটি ক্লোরিন পরমাণুর প্রত্যেকটি একটি করিয়া গ্রহণ করে অর্থাৎ ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3$) যৌগে আয়রন এবং ক্লোরিনের জারণ সংখ্যা যথাক্রমে +3 এবং −1. নিম্নের একাধিক যোজ্যতা সম্পন্ন মৌলের যৌগ লক্ষ্য করিলে দেখা যায়—

কিউপ্রাস লবণে কপারের যোজ্যতা 1 কিন্তু কিউপ্রিক লবণে উহা 2

এবং স্টানাস ,, টিনের ,, 2 ,, স্টানিক ,, ,, 4

উপরিউক্ত লবণগুলিতে প্রতিটি ধাতু দুই প্রকার লবণে বিভিন্ন জারণ স্তরে আছে। সুতরাং এই ধাতুগুলির একাধিক জারণ সংখ্যা থাকিবে। যেমন কিউপ্রাস লবণে কপারের জারণ সংখ্যা +1, স্টানাস লবণে টিনের জারণ সংখ্যা +2 কিন্তু কিউপ্রিক লবণে কপারের জারণ সংখ্যা +2 এবং স্টানিক লবণে টিনের জারণ সংখ্যা +4. আয়নিক যৌগের সংগঠক মৌলের পরমাণুর জারণ সংখ্যা সহজেই নির্ণীত হইতে পারে কিন্তু যে সকল যৌগে (সমযোজী) সংগঠক মৌলের পরমাণুগুলির মধ্যে সরাসরি ইলেকট্রন গ্রহণ বা বর্জন হয় না সেই সকল ক্ষেত্রেও জারণ বিজারণ ব্যাখ্যায় জারণ সংখ্যার প্রয়োগ করা হইতেছে।

ইতিপূর্বে বর্ণিত উদাহরণগুলি লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে, যে সংখ্যক ইলেকট্রন গ্রহণ (বা বর্জন) করিলে যৌগ-মধ্যস্থ মৌলের পরমাণুটি ঐ মৌলের নিরপেক্ষ পরমাণুতে (neutral atom) পরিণত হইবে তাহাই সেই অবস্থায় পরমাণুটির জারণ সংখ্যা।

সাধারণতঃ কোন মৌলের যোজ্যতা এবং জারণ সংখ্যা এক এবং প্রায় সমার্থক। তবে উভয়ের মধ্যে প্রধান মূলগত বৈসাদৃশ্য হইল মৌলের যোজ্যতা সর্বদাই ধনাত্মক (positive) সংখ্যা ; কিন্তু মৌলের জারণ সংখ্যা ধনাত্মক এবং ঋণাত্মক দুই-ই হইতে পারে। সাধারণভাবে ধাতব মৌলের (অধাতু হাইড্রোজেন সহ) জারণ সংখ্যা ধনাত্মক এবং অক্সিজেন ও অন্যান্য অধাতব মৌলের জারণ সংখ্যা ঋণাত্মক ধরা হয়। জারণ সংখ্যা সাধারণভাবে + বা − চিহ্নসহ মৌলের মাথায় বসানোই রীতি।

কয়েকটি নিয়ম অবলম্বন করিয়া কোন যৌগমধ্যস্থ নির্দিষ্ট মৌলের জারণ সংখ্যা স্থিরীকৃত হয়। নিয়মগুলি নিম্নরূপ : (ক) মুক্ত অবস্থায় কোন মৌলের জারণ সংখ্যা শূন্য [0] ধরা হয়। যেমন $\overset{0}{Mg}$, $\overset{0}{Cl_2}$, $\overset{0}{S}$ (খ) কোন যৌগের অণুর সংগঠক পরমাণুগুলির জারণ সংখ্যার সমষ্টি সর্বদাই শূন্য [0] হইবে।

(গ) হাইড্রোজেন ও ধাতুর জারণ সংখ্যা ধনাত্মক ধরা হয়। যেমন, $\overset{+1}{H_2}SO_4$,

$\overset{+2}{Cu}O$। তবে লিথিয়াম হাইড্রাইড বা সোডিয়াম হাইড্রাইডে হাইড্রোজেনের জারণ সংখ্যা ঋণাত্মক। যেমন $\overset{+1}{Na}\overset{-1}{H}$, $\overset{+1}{Li}\overset{-1}{H}$

(ঘ) অক্সিজেন ও অধাতুর জারণ সংখ্যা সাধারণভাবে ঋণাত্মক এবং যৌগে অক্সিজেনের জারণসংখ্যা -2। যেমন $H_2S\overset{-2}{O}_4$ এবং $H_2\overset{-2}{O}$। ব্যতিক্রম হিসাবে দেখা যায় হাইড্রোজেন পার অক্সাইড এবং অন্যান্য ধাতব পার-অক্সাইডে অক্সিজেনের জারণসংখ্যা $-1(\overset{+1}{H}_2\overset{-1}{O}_2)$, $\overset{+2}{Ba}\overset{-1}{O}_2$

আবার ফ্লুরিন অক্সিজেন অপেক্ষা অধিক অপরা তড়িৎ ধর্মী মৌল। সেইজন্য F_2O যৌগে অক্সিজেনের জারণ সংখ্যা $+2$.

কোন যৌগমধ্যস্থ মৌলসমূহের একটি ব্যতীত অপর সকল মৌলের জারণ সংখ্যা জানা হইলে নির্দিষ্ট মৌলের জারণ সংখ্যা নির্ণয় করা যায়। যেমন, $KMnO_4$ যৌগে পটাসিয়াম ও অক্সিজেনের জারণ সংখ্যা যথাক্রমে $+1$ এবং -2। মনে করি Mn পরমাণুর জারণ সংখ্যা $=x$; তাহা হইলে

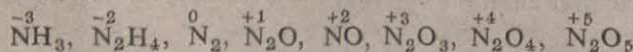
$1+x+4\times(-2)=0$ $\therefore$ $x=+7=$ (ম্যাঙ্গানিজের জারণ সংখ্যা)

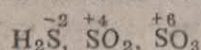
একই ভাবে H_2SO_4 যৌগে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের জারণ সংখ্যা যথাক্রমে $+1$ এবং -2। সুতরাং সালফারের জারণ সংখ্যা x ধরিলে, সূত্রানুযায়ী,

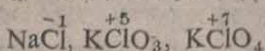
$2\times(+1)+x+4\times(-2)=0$ বা $x=+6=$(সালফারের জারণ সংখ্যা)

কার্বন, নাইট্রোজেন, সালফার, ক্লোরিন, ম্যাঙ্গানিজ প্রভৃতি কয়েকটি মৌলের পরিবর্তনশীল জারণ সংখ্যা থাকিতে পারে। কার্বনের বিভিন্ন যৌগে জারণ সংখ্যা $+4$ হইতে -4 পর্যন্ত দেখা যায় $\overset{+4}{C}O_2$, $\overset{+4}{C}Cl_4$, $\overset{+2}{C}O$, $\overset{-4}{C}H_4$, $\overset{-2}{C}_2H_4$, $\overset{-1}{C}_2H_2$।

নাইট্রোজেনের জারণ সংখ্যা :

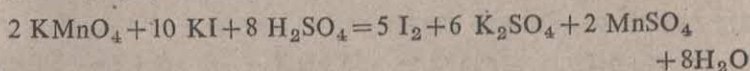
$\overset{-3}{N}H_3$, $\overset{-2}{N}_2H_4$, $\overset{0}{N}_2$, $\overset{+1}{N}_2O$, $\overset{+2}{N}O$, $\overset{+3}{N}_2O_3$, $\overset{+4}{N}_2O_4$, $\overset{+5}{N}_2O_5$

সালফারের বিভিন্ন যৌগে ইহার জারণ সংখ্যা :

$H_2\overset{-2}{S}$, $\overset{+4}{S}O_2$, $\overset{+6}{S}O_3$

ক্লোরিনের বিভিন্ন যৌগে ইহার জারণ সংখ্যা :

$Na\overset{-1}{Cl}$, $K\overset{+5}{Cl}O_3$, $K\overset{+7}{Cl}O_4$

MnO_2, $KMnO_4$, K_2MnO_4 যৌগ তিনটিতে Mn এর জারণ সংখ্যা যথাক্রমে $+4$, $+7$ এবং $+6$।

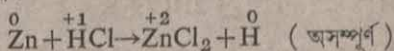
জারণ সংখ্যার সাহায্যে জারণ-বিজারণ ব্যাখ্যা : দেখা যায় জারণ-বিজারণ ক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী পদার্থের প্রত্যেকটির সংগঠক কোন একটি মৌলের জারণ সংখ্যার পরিবর্তন ঘটে। যে পদার্থ জারিত হয় তাহার অণুর সংগঠক কোন পরমাণুর জারণ সংখ্যা বৃদ্ধি পায় ; আর যে পদার্থ বিজারিত হয় তাহার অণুস্থিত কোন পরমাণুর জারণ সংখ্যা হ্রাস পায়। যেমন অ্যাসিড যুক্ত পটাসিয়াম

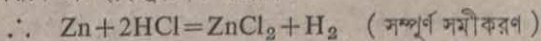
পারমাঙ্গানেট দ্রবণে পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ যোগ করিলে পটাসিয়াম আয়োডাইড জারিত হইয়া আয়োডিন মুক্ত করে এবং পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেট বিজারিত হইয়া ম্যাঙ্গানাস লবণে রূপান্তরিত হয়।

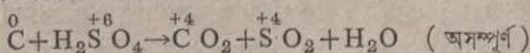
$$2\,KMnO_4+10\,KI+8\,H_2SO_4=5\,I_2+6\,K_2SO_4+2\,MnSO_4+8H_2O$$

এখানে $\overset{+1}{K}\overset{-1}{I}$ যৌগে এবং $\overset{0}{I}_2$ মৌলে আয়োডিন পরমাণুর জারণ সংখ্যা যথাক্রমে -1 এবং শূন্য [0]। $\therefore$ জারণ সংখ্যা বৃদ্ধি 1 একক $(-1\rightarrow0)$ অপর পক্ষে $K\overset{+7}{Mn}O_4$ এবং $\overset{+2}{Mn}SO_4$ যৌগে Mn-এর জারণ সংখ্যা যথাক্রমে +7 এবং +2 অর্থাৎ এখানে জারণ সংখ্যার হ্রাস 5 একক $(+7\rightarrow+2)$।

জারণ সংখ্যার সাহায্যে রাসায়নিক সমীকরণ গঠন (Balancing equations by Oxidation Number) ঃ আমরা জানি জারণ-বিজারণ ক্রিয়ায় জারিত পদার্থের অণুর সংগঠক কোন পরমাণুর জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধি পায় আর বিজারিত পদার্থের অণুস্থিত কোন পরমাণুর জারণ-সংখ্যা হ্রাস পায়। এই হ্রাস-বৃদ্ধি প্রত্যেক ক্রিয়ায় সমান হইবেই। সমস্ত বিক্রিয়ারত এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থের সঙ্কেত জানা থাকিলে জারণ-বিজারণ ক্রিয়ার পরমাণুগুলির জারণ-সংখ্যার মান পরিবর্তন হইতে সমীকরণ সম্পূর্ণ করা যায়। নীচের উদাহরণগুলিতে পদার্থের সংগঠক কোন মৌলের মাথায় জারণ-সংখ্যা নির্দেশিত আছে।

(অ) জিঙ্ক ও লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় জিঙ্ক অ্যাসিডকে হাইড্রোজেনে বিজারিত করে এবং নিজে ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া জিঙ্ক সালফেটে জারিত হয়।

$$\overset{0}{Zn}+\overset{+1}{H}Cl\rightarrow\overset{+2}{Zn}Cl_2+\overset{0}{H}$$ (অসম্পূর্ণ)

এখানে মৌল জিঙ্ক এবং জিঙ্ক ক্লোরাইডে জিঙ্ক পরমাণুর জারণ সংখ্যা যথাক্রমে শূন্য (0) এবং +2 অর্থাৎ জারণ ক্রিয়ায় জিঙ্ক পরমাণুর জারণ সংখ্যা 2 একক $(0\rightarrow+2)$ বৃদ্ধি পাইয়াছে। আবার বিজারণ ক্রিয়ায় হাইড্রোজেন পরমাণুর জারণ সংখ্যা 1 একক $(+1\rightarrow0)$ হ্রাস পায়। সুতরাং বৃদ্ধি এবং হ্রাসের সমতাবিধানে বিক্রিয়কে 2টি হাইড্রোজেন প্রয়োজন।

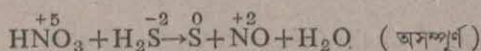
$\therefore\ Zn+2HCl=ZnCl_2+H_2$ (সম্পূর্ণ সমীকরণ)

(আ) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড কার্বনকে কার্বন ডাই-অক্সাইডে জারিত করে এবং নিজে সালফার ডাই-অক্সাইডে বিজারিত হয়। এখানে সালফিউরিক অ্যাসিড জারক এবং কার্বন বিজারক।

$$\overset{0}{C}+H_2\overset{+6}{S}O_4\rightarrow\overset{+4}{C}O_2+\overset{+4}{S}O_2+H_2O$$ (অসম্পূর্ণ)

এখানে মৌল কার্বন এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডে কার্বন পরমাণুর জারণ সংখ্যা

যথাক্রমে শূন্য (0) এবং +4 অর্থাৎ জারণ ক্রিয়ায় কার্বন পরমাণুর জারণ সংখ্যা 4 একক (0→+4) বৃদ্ধি পায়। অপর পক্ষে H_2SO_4 এবং SO_2 যৌগ দুইটিতে সালফার পরমাণুর জারণ সংখ্যা 2 একক (+6→+4) হ্রাস পায়। ∴ বৃদ্ধি এবং হ্রাস সমান করিতে হইলে দুইটি সালফার প্রয়োজন।

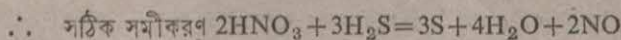
∴ $C+2H_2SO_4=CO_2+2SO_2+2H_2O$. ইহাই সঠিক, সম্পূর্ণ সমীকরণ।

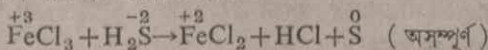
(ই) লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড হাইড্রোজেন সালফাইডকে জারিত করিয়া মৌল সালফার অধঃক্ষিপ্ত করে এবং নিজে নাইট্রিক অক্সাইডে বিজারিত হয়।

$$H\overset{+5}{N}O_3+H_2\overset{-2}{S}\rightarrow\overset{0}{S}+\overset{+2}{N}O+H_2O$$ (অসম্পূর্ণ)

এখানে নাইট্রোজেনের জারণ-সংখ্যা হ্রাস −3(+5→+2)

এবং সালফারের জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধি +2(−2→0)

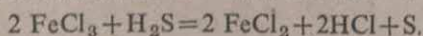
হ্রাস-বৃদ্ধির সমতা বজায় রাখিতে হইলে 2টি নাইট্রোজেন এবং 3টি সালফার লইতে হইবে।

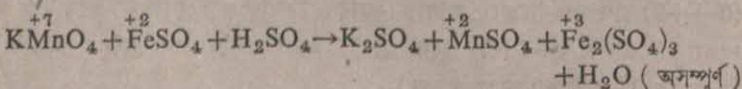
∴ সঠিক সমীকরণ $2HNO_3+3H_2S=3S+4H_2O+2NO$

(ঈ) হাইড্রোজেন সালফাইড ফেরিক ক্লোরাইডকে ফেরাস ক্লোরাইডে বিজারিত করিয়া নিজে সালফারে জারিত হয়।

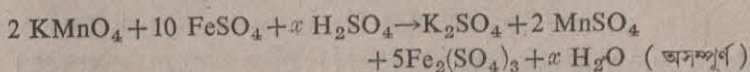
$$\overset{+3}{Fe}Cl_3+H_2\overset{-2}{S}\rightarrow\overset{+2}{Fe}Cl_2+HCl+\overset{0}{S}$$ (অসম্পূর্ণ)

এখানে আয়রনের জারণ সংখ্যা হ্রাস −1(+3→+2)

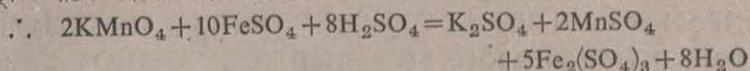
এবং সালফারের জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধি +2(−2→0)

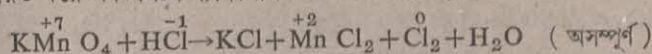
হ্রাস-বৃদ্ধির সমতা বজায় রাখিতে 2টি আয়রন প্রয়োজন। ∴ সঠিক সমীকরণ

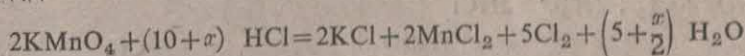
$$2\,FeCl_3+H_2S=2\,FeCl_2+2HCl+S.$$

(উ) ফেরাস সালফেট এবং লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড যুক্ত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণের বিক্রিয়ায় ফেরাস সালফেট ফেরিক সালফেটে জারিত এবং পারম্যাঙ্গানেট ম্যাঙ্গানাস লবণে বিজারিত হয়।

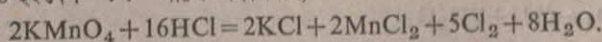
$$K\overset{+7}{Mn}O_4+\overset{+2}{Fe}SO_4+H_2SO_4\rightarrow K_2SO_4+\overset{+2}{Mn}SO_4+\overset{+3}{Fe}_2(SO_4)_3+H_2O$$ (অসম্পূর্ণ)

এখানে জারক দ্রব্য $KMnO_4$ এর ম্যাঙ্গানিজের জারণ সংখ্যা 5 একক হ্রাস এবং বিজারক ফেরাস সালফেটের আয়রনের জারণ সংখ্যা 1 একক বৃদ্ধি পাইয়াছে। সুতরাং জারণ সংখ্যার হ্রাস বৃদ্ধির সমতা বিধান করিতে $KMnO_4$ এবং $FeSO_4$ 1 : 5 অণু সংখ্যার অনুপাতে বিক্রিয়া করা প্রয়োজন। কিন্তু বিক্রিয়াজাত ফেরিক সালফেটের [$Fe_2(SO_4)_3$] একটি অণুতে দুইটি আয়রন পরমাণু বিদ্যমান। সুতরাং বিক্রিয়ার সমীকরণের সামঞ্জস্য রক্ষা করিতে বিক্রিয়ক পদার্থগুলির আণবিক অনুপাত দ্বিগুণ করা দরকার হইবে।

$$2\,KMnO_4+10\,FeSO_4+x\,H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4+2\,MnSO_4 + 5Fe_2(SO_4)_3+x\,H_2O$$ (অসম্পূর্ণ)

উপরের সমীকরণ সাবধানে লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে, x এর মান 8 ধরিলেই সম্পূর্ণ ও সঠিক সমীকরণ পাওয়া যায়।

$$\therefore\ 2KMnO_4+10FeSO_4+8H_2SO_4=K_2SO_4+2MnSO_4 + 5Fe_2(SO_4)_3+8H_2O$$

(উ) পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেট গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে ক্লোরিনে জারিত করে এবং নিজে ম্যাঙ্গানাস লবণে বিজারিত হয়।

$$K\overset{+7}{Mn}O_4+H\overset{-1}{Cl}\rightarrow KCl+\overset{+2}{Mn}Cl_2+\overset{0}{Cl_2}+H_2O$$ (অসম্পূর্ণ)

এখানে জারক $KMnO_4$ এর ম্যাঙ্গানিজের জারণ সংখ্যা 5 একক $(+7\rightarrow+2)$ হ্রাস এবং বিজারক HCl এর ক্লোরিনের জারণ সংখ্যা 1 একক $(-1\rightarrow0)$ বৃদ্ধি পাইয়াছে। হ্রাস-বৃদ্ধির সমতা বজায় রাখিতে $KMnO_4$ এবং HCl 1 : 5 অণু সংখ্যার অনুপাতে বিক্রিয়া করা দরকার। আবার ক্লোরিন অণুতে দুইটি পরমাণু আছে। অতএব অণুর সংখ্যার অনুপাত দ্বিগুণ অর্থাৎ 2 : 10 হইবে। কিন্তু কিছুসংখ্যক ক্লোরিন $KMnO_4$ হইতে KCl এবং $MnCl_2$ গঠিত হইতে ব্যয়িত হয়। সুতরাং সমীকরণ

$$2KMnO_4+(10+x)\ HCl=2KCl+2MnCl_2+5Cl_2+\left(5+\frac{x}{2}\right)H_2O$$

$KMnO_4$ হইতে উদ্ভূত KCl এবং $MnCl_2$ এর সঠিক সংখ্যা লক্ষ্য করিলে x এর মান 6 হইবে। ∴ সঠিক সমীকরণ,

$$2KMnO_4+16HCl=2KCl+2MnCl_2+5Cl_2+8H_2O.$$

উপরের বিস্তারিত আলোচনা হইতে জারণ-বিজারণ প্রক্রিয়ার **সম্পূর্ণ সংজ্ঞা** নিম্নরূপ দেওয়া যায়।

জারণ ঃ যে সমস্ত প্রক্রিয়ায় (i) কোন পদার্থের সহিত অক্সিজেন বা অক্সিজেনের ন্যায় অপরা-তড়িৎবাহী কোন মৌল বা মূলকের প্রত্যক্ষ সংযোগ ঘটে বা উহাদের অনুপাত বৃদ্ধি পায়, অথবা (ii) কোন পদার্থ হইতে হাইড্রোজেন বা তদনুরূপ পরা-তড়িৎবাহী কোন মৌল দূরীভূত হয়, অথবা (iii) কোন পরমাণু বা আয়ন হইতে এক বা একাধিক ইলেকট্রন অপসারিত হয় অথবা (iv) কোন পরমাণুর জারণ সংখ্যা বৃদ্ধি পায়, তাহাদিগকে জারণ বলে।

বিজারণ ঃ- যে সমস্ত প্রক্রিয়ায় (i) কোন পদার্থের সহিত হাইড্রোজেন বা তদনুরূপ পরা তড়িৎবাহী মৌলের প্রত্যক্ষ সংযোগ ঘটে, অথবা (ii) কোন পদার্থ হইতে অক্সিজেন বা ইহার ন্যায় অপরা-তড়িৎবাহী মৌল দূরীভূত হয়, অথবা (iii) কোন পরমাণু বা আয়ন এক বা একাধিক ইলেকট্রন গ্রহণ করে, অথবা (iv) কোন পরমাণুর জারণ সংখ্যা হ্রাস পায় তাহাদিগকে বিজারণ বলা হয়।

নিম্নের তালিকায় কয়েকটি জারণ বিজারণ ক্রিয়ার সমীকরণ উল্লেখ করিয়া ইহাতে কোন্ পদার্থ জারিত এবং কোন পদার্থ বিজারিত হইয়াছে দেখানো হইল।

বিক্রিয়া		
$2Na+H_2=2NaH$	Na জারিত ;	H_2 বিজারিত
$NaH+H_2O=NaOH+H_2$	NaH ,,	H_2O ,,
$3Mg+N_2=Mg_3N_2$	Mg ,,	N_2 ,,
$I_2+H_2S=2HI+S$	H_2S ,,	I_2 ,,
$Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2$	Zn ,,	H_2SO_4 ,,
$H_2S+FeCl_3=2FeCl_2+2HCl+S$	H_2S ,,	$FeCl_3$,,
$C_2H_4+Br_2=C_2H_4Br_2$	C_2H_4 ,,	Br_2 ,,
$CuCl_2+Cu=2CuCl$	Cu ,,	$CuCl_2$,,
$3CuO+2NH_3=N_2+3H_2O+Cu$	NH_3 ,,	CuO ,,
$PbO_2+4HCl=PbCl_2+2H_2O+Cl_2$	HCl ,,	PbO_2 ,,
$2H_2S+SO_2=3S+2H_2O$	H_2S ,,	SO_2 ,,
$SO_2+Cl_2+2H_2O=2HCl+H_2SO_4$	SO_2 ,,	Cl_2 ,,
$MnO_2+2NaCl+3H_2SO_4=MnSO_4+2NaHSO_4+Cl_2+2H_2O$	$NaCl$,,	MnO_2 ,,
$K_2Cr_2O_7+6HI+7H_2O=4K_4SO_4+Cr_2(SO_4)_3+3I_2+7H_2O$	KI ,,	$K_2Cr_2O_7$,,
$AgCN+CN^-\rightarrow[Ag(CN)_2]^-$	CN^- ,,	$AgCN$,,
$SnS_2+S^{--}\rightarrow SnS_3^{--}$	S^{--} ,,	SnS_2 ,,
$Cl_2+H_2O=HOCl+HCl$	$Cl_2\rightarrow HOCl$ (জারণ) $Cl_2\rightarrow HCl$ (বিজারণ)	
$2KClO_3=2KCl+3O_2$	$KClO_3\rightarrow O_2$ (জারণ) $KClO_3\rightarrow KCl$ (বিজারণ)	
$4KClO_2\rightarrow 2KClO_4+2KCl$	$KClO_2\rightarrow KClO_4$ (জারণ) $KClO_2\rightarrow KCl$ (বিজারণ)	

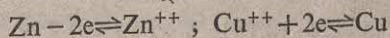
ধাতুর তড়িৎ রাসায়নিক বৈভব শ্রেণী (Electro potential series of metals): আমরা জানি ধাতুগুলির (অধাতু হাইড্রোজেন সহ) তড়িৎ নিরপেক্ষ পরমাণু এক বা একাধিক ইলেকট্রন বর্জন করিয়া পরা-তড়িৎবাহী আয়ন (ক্যাটায়ন) উৎপন্ন করে।

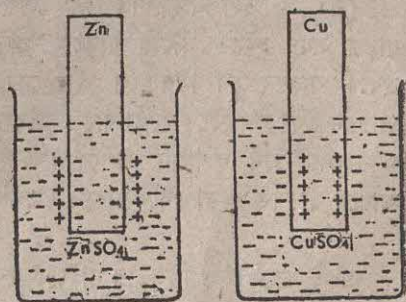
$$\underset{\text{ধাতুর পরমাণু}}{M}\xrightarrow{-xe}\underset{\text{ক্যাটায়ন}}{M^{+x}}$$ [e=ইলেকট্রন, x=ধাতু কর্তৃক বর্জিত ইলেকট্রন সংখ্যা]

কিন্তু ইলেকট্রন বর্জন করিয়া ক্যাটায়ন দেওয়ার প্রবণতার মাত্রা সকল ধাতুর এক নহে। **ধাতুগুলির ক্যাটায়ন উৎপন্ন করার প্রবণতার মাত্রা বা ইলেকট্রন ত্যাগের আগ্রহের তুলনা করিয়া ধাতুগুলিকে একটি সারি (series) বা শ্রেণীতে সাজানো হইয়াছে, উহাকে বলা হয় তড়িৎ রাসায়নিক বৈভব শ্রেণী।** এই সারিতে উচ্চ স্থানাধিকারী কোন ধাতুর ইলেকট্রন ত্যাগ করিয়া আয়নিত হওয়ার ক্ষমতা এবং রাসায়নিক সক্রিয়তা উহার নিম্নে অবস্থিত কোন ধাতু অপেক্ষা অধিক। সংক্ষেপে, এই সারিতে ধাতুগুলি ইলেকট্রন পরিত্যাগ করার প্রবণতার অধঃক্রম মাত্রানুসারে সাজানো।

এই শ্রেণী গঠনের মূল ভিত্তি সম্বন্ধে জানিতে হইলে তড়িৎ রাসায়নিক বৈভব বলিতে কি বুঝায় তাহা জানা দরকার। কোন ধাতুকে উহার নিজের আয়ন বর্তমান এমন কোন দ্রবণের সংস্পর্শে রাখিলে সম্ভাব্য দুইটি পরস্পর বিপরীত ক্রিয়া হইতে পারে। ধাতুর পরমাণুগুলি একদিকে যেমন ইলেকট্রন ত্যাগে আয়নিত (ক্যাটায়নে) হওয়ার সম্ভাবনা, অপরদিকে তেমনই দ্রবণে বর্তমান ধাতুর আয়নগুলি ধাতুর পরমাণুতে পরিবর্তিত হইয়া ধাতুর উপর জমা হওয়ার প্রবণতা দেখা যায়।

উদাহরণ হিসাবে জিঙ্ক ধাতু যদি $ZnSO_4$ দ্রবণের সংস্পর্শে রাখা হয়, তবে দেখা যায় জিঙ্ক পরমাণুর আয়নিত হওয়ার ক্ষমতা দ্রবণে উপস্থিত Zn^{++} আয়নের জিঙ্ক পরমাণুতে পরিণত হওয়ার ক্ষমতা অপেক্ষা অধিক। ফলে কিছু জিঙ্ক পরমাণু আয়নিত হইয়া থাকে। পক্ষান্তরে কপারকে $CuSO_4$ দ্রবণে রাখিলে বিপরীত প্রক্রিয়া পরিলক্ষিত হয় অর্থাৎ কপার আয়নিত হওয়ার প্রবণতা অপেক্ষা দ্রবণে উপস্থিত Cu^{++} আয়নের কপার পরমাণুতে পরিবর্তিত হওয়ার প্রবণতা অধিক।

$$Zn-2e\rightleftharpoons Zn^{++}\ ;\ Cu^{++}+2e\rightleftharpoons Cu$$

প্রতিটি ধাতুকে যদি উহার নিজ নিজ আয়নের তুল্য দ্রবণের (এক লিটার দ্রবণে এক গ্রাম-আয়ন দ্রবীভূত থাকিলে) সংস্পর্শে রাখা হয়, তাহা হইলে বিভিন্ন ধাতুর আয়নিত হওয়ার ক্ষমতার বা প্রবণতার তুলনা সম্ভব।

ধাতব জিঙ্ক দণ্ড $ZnSO_4$ এর তুল্য দ্রবণে রাখিলে কিছুটা Zn^{++} সৃষ্টি হইয়া দ্রবীভূত হয় এবং ধাতুদণ্ডে অপরা তড়িৎভার বৃদ্ধি পায় যাহা আর পরা তড়িৎবাহী জিঙ্ক আয়নকে ছাড়িয়া যাইতে দেয় না। ধাতুদণ্ডে

চিত্র ১ (২৮) ইলেকট্রোড বিভব

অপরা তড়িৎবাহী ইলেকট্রন থাকিয়া যাওয়াই ধাতুদণ্ডে অপরা-তড়িৎভার উদ্বৃত্ত হওয়ার কারণ। অপর দিকে ধাতব লবণের দ্রবণে পরা তড়িৎবাহী জিঙ্ক আয়ন দ্রবীভূত হওয়ায় দ্রবণে কিঞ্চিৎ পরা-তড়িৎভার অতিরিক্ত হয়। এইরূপে জিঙ্ক লবণের দ্রবণের মধ্যে পরা ও অপরা তড়িৎভারের ব্যবধানে একটি তড়িৎ বিভবের (electrode potential) সৃষ্টি হয়। ইহাকেই বলা হয় তড়িৎ রাসায়নিক বিভব। একই ভাবে কপারকে $CuSO_4$-এর তুল্য দ্রবণে রাখিলে দেখা যাইবে কপারে পরা-তড়িৎভার বাড়ে যাহা আর সমধর্মী কপার আয়নকে কপারে পরিণত হইতে দেয় না। ধাতব কপার পরা-তড়িৎবাহী এবং দ্রবণটি কিঞ্চিৎ অপরা-তড়িৎবাহী হয়। এখানেও তড়িৎ বৈভবের উদ্ভব হয়।

ধাতু	বিভব
K	−2·92
Na	−2·71
Ca	−1·87
Mg	−1·55
Al	−1·67
Zn	−0·758
Fe	−0·441
Pb	−0·13
H	−0·00
Cu	+0·334
Hg	+0·79
Ag	+0·799
Au	+1·5

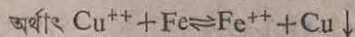
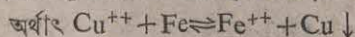
তড়িৎ বিভব শ্রেণী

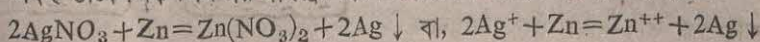
হাইড্রোজেনকে মাপকাঠি (Standard) ধরিয়া মাত্রিক দিক হইতে এই সকল বিভবের তুলনা করা হয়। বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাসকে 1 অ্যাটমস-ফিয়ার চাপে ইহার আয়নের (H^+) একক মাত্রার দ্রবণের সংস্পর্শে রাখিলে যে তড়িৎ বিভবের সৃষ্টি হয় তাহাকে শূন্য মাত্রা ধরিয়া বিভিন্ন ধাতুর তড়িৎ রাসায়নিক বিভব মাপা হয়। এই হিসাবে কয়েকটি পরিচিত ধাতুর তড়িৎ রাসায়নিক বিভব পাশের তালিকায় দেওয়া হইল।

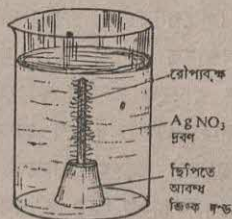
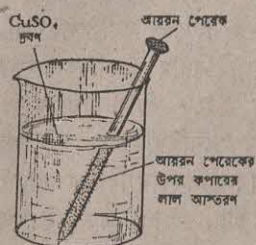
এই শ্রেণীতে বিভিন্ন ধাতুর অবস্থান পর্যালোচনা করিলে উহাদের রাসায়নিক সক্রিয়তার ধারণা জন্মে। যেমন,

(ক) বিজারণ ক্ষমতা: এই সারিতে উচ্চস্থানে অবস্থিত কোন ধাতু উহার নিম্নে অবস্থিত কোন ধাতু অপেক্ষা তীব্র বিজারক কেননা উপরের ধাতুর ইলেকট্রন ত্যাগের প্রবণতা নিম্নের ধাতু অপেক্ষা অধিক। সেইজন্যই অ্যালুমিনিয়াম আয়রন অপেক্ষা তীব্র বিজারণ ক্ষমতার অধিকারী।

(খ) প্রতিস্থাপন ক্রিয়া: এই শ্রেণীর উপরের কোন ধাতু উহার নীচের কোন ধাতুর লবণ হইতে নীচের ধাতুকে প্রতিস্থাপিত করিতে পারে। কপার সালফেট দ্রবণে আয়রন চূর্ণ মিশাইলে আয়রনের উপর কপারের একটি আস্তরণ পড়ে এবং আয়রন দ্রবীভূত হইতে দেখা যায়। ইহার কারণ তড়িৎ রাসায়নিক বিভব শ্রেণীতে আয়রনের স্থান কপারের উপরে এবং স্বাভাবিকভাবেই আয়রন ইলেকট্রন বর্জন দ্বারা আয়নে পরিণত হইয়া দ্রবণে যাইতে থাকে। $CuSO_4 + Fe = FeSO_4 + Cu \downarrow$

অর্থাৎ $Cu^{++} + Fe \rightleftharpoons Fe^{++} + Cu \downarrow$

একই ভাবে জিঙ্ক সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ হইতে সিলভার প্রতিস্থাপিত করে।

$2AgNO_3 + Zn = Zn(NO_3)_2 + 2Ag \downarrow$ বা, $2Ag^+ + Zn = Zn^{++} + 2Ag \downarrow$

উপরের প্রতিস্থাপন ক্রিয়াগুলি পরের পৃষ্ঠার পরীক্ষা দ্বারা দেখানো যায়।

একটি বীকারে কিছুটা কপার সালফেট দ্রবণ লইয়া উহাতে একটি আয়রনের পেরেক ডুবানো হইল। কিছুক্ষণ পরে দেখা যাইবে পেরেকের উপর লাল বর্ণের ধাতব কপার জমা হইয়াছে। আয়রন কপার লবণের দ্রবণ হইতে কপার প্রতিস্থাপিত করিয়া নিজে ফেরাস সালফেটরূপে দ্রবণে চলিয়া যায়। [চিত্র ১(২৯)]

চিত্র ১(২৯) আয়রন কর্তৃক কপার প্রতিস্থাপন

চিত্র ১(৩০) জিঙ্ক কর্তৃক সিলভার প্রতিস্থাপন—রৌপ্য বৃক্ষ

একটি বীকারে নাতি গাঢ় সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ লইয়া উহাতে কর্কের উপর স্থাপিত জিঙ্ক দণ্ড প্রবেশ করানো হইল। কিছুক্ষণ পরই দ্রবণ হইতে প্রতিস্থাপিত সিলভারের কেলাস জিঙ্ক দণ্ডের চতুর্দিকে জমা হইতে থাকে। ইহা দেখিতে একটি সুন্দর বৃক্ষের ন্যায় মনে হয়, সেইজন্য ইহাকে 'রৌপ্য বৃক্ষ' (Silver tree) বলা হয়। [চিত্র ১(৩০)]

এইরূপ প্রতিস্থাপনের বিপরীত ক্রিয়া কদাচ দৃষ্ট হয় না, অর্থাৎ ফেরাস সালফেট দ্রবণে কপারের পাত ডুবাইলে কোন পরিবর্তন দেখা যায় না। কিন্তু কপারের পাত মারকিউরিক ক্লোরাইড বা সিলভার নাইট্রেট দ্রবণে ডুবাইলে কপারের উপর মার্কারী বা সিলভার জমা হয়।

(গ) জল ও লঘু অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন: এই শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের উপরে অবস্থানকারী ধাতুগুলি জল হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপনে সক্ষম। যে ধাতু যত উপরে, জলের সহিত ইহার বিক্রিয়া তত তীব্রভাবে হয় (দ্বিতীয় পর্বে জলের সহিত ধাতুর ক্রিয়া দ্রষ্টব্য)। হাইড্রোজেনের নিম্নে অবস্থানকারী ধাতু যেমন Cu, Hg, Ag ইত্যাদি জল হইতে হাইড্রোজেন অপসারণে অক্ষম।

লঘু অ্যাসিড ও ধাতুর বিক্রিয়ায় একই সাদৃশ্য দেখা যায়। হাইড্রোজেনের উপরের ধাতুগুলি (লেড ব্যতিক্রম) লঘু অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। আর হাইড্রোজেনের নীচের ধাতু অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন নির্গত করিতে পারে না।

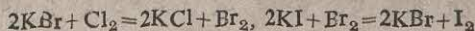
মনে রাখা দরকার হাইড্রোজেনের উপরের ধাতুও নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন অপসারণ করিতে পারে না। একমাত্র ম্যাগনেসিয়ামই অতি লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন দেয়। $Mg + 2HNO_3 = Mg(NO_3)_2 + H_2$। কারণ অ্যাসিড ও ধাতুর বিক্রিয়ায় যে জায়মান হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় তাহা নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত হইয়া জল সৃষ্টি করে।

(ঘ) অক্সিজেন ও ক্লোরিনের সহিত ক্রিয়া ঃ এই শ্রেণীতে যে ধাতু যত উপরে সেই ধাতু তত পরা-তড়িৎ ধর্মী। সেই ধাতুর ইলেকট্রন ত্যাগ দ্বারা আয়নিত হওয়ার প্রবণতা যেমন অধিক, অক্সিজেন, ক্লোরিন প্রভৃতির সঙ্গে যুক্ত হইয়া অক্সাইড, ক্লোরাইড গঠন ক্ষমতাও তত প্রবল। আবার ধাতু যত উপরে, সেই ধাতুর অক্সাইডের স্থায়িত্ব ও ক্ষারধর্মিতা তত অধিক। ক্লোরাইডের স্থায়িত্ব সম্বন্ধেও একই কথা বলা চলে। সোডিয়াম, পটাসিয়াম ধাতু অক্সিজেনের সংস্পর্শে আসিলেই জ্বলিয়া সুস্থিত অক্সাইড দেয়। ম্যাগনেসিয়াম, জিঙ্ক, অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতির অক্সাইড গঠনকালে ধাতুকে উত্তপ্ত করিতে হয়। পটাসিয়াম হইতে অ্যালুমিনিয়াম পর্যন্ত ধাতুর অক্সাইড এত স্থায়ী যে এই সকল অক্সাইডকে (ম্যাগনেসিয়াম ব্যতীত) কার্বন দ্বারা বিজারিত করিয়া ধাতুতে পরিণত করা যায় না। নিম্নস্থানাধিকারী ধাতুগুলি যেমন সহজে অক্সাইড গঠন করিতে চায় না (যেমন সিলভার, কপার) তেমনই ক্ষেত্র-বিশেষে যে অক্সাইড দেয় তাহা শিথিল প্রকৃতির, সহজেই তাপ প্রয়োগে ধাতু ও অক্সিজেনে বিযোজিত হয়; যেমন HgO। অক্সিজেন মুক্ত করিতে পারে বলিয়াই কিউপ্রিক অক্সাইড, সিলভার অক্সাইড জারণধর্মী এবং অত্যধিক সুস্থিত বলিয়াই K_2O বা Na_2O জারণ গুণ সম্পন্ন নহে। প্লাটিনাম, গোল্ড-এর অক্সাইড গঠন দুঃসাধ্য।

একই ভাবে ধাতুগুলির ক্লোরিন আসক্তি এবং ধাতব ক্লোরাইডের স্থায়িত্ব এই শ্রেণীতে ধাতুর অবস্থানের উপর নির্ভরশীল্।

দ্রষ্টব্য ঃ ইলেকট্রন গ্রহণের প্রবণতার অধঃক্রম অনুসারে অধাতুগুলিকে সাজানো হইয়াছে। পাশের সারণী হইতে ইহা স্পষ্ট যে ক্লোরিন ব্রোমিন বা উহার নিম্নে স্থাপিত অধাতুগুলি হইতে অধিকতর অপরা তড়িৎধর্মী মৌল অর্থাৎ ক্লোরিনের ইলেকট্রন গ্রহণের প্রবণতা ব্রোমিন প্রভৃতি হইতে অধিক। সেইজন্য ক্লোরিন ব্রোমিন অপেক্ষা শক্তিশালী জারক দ্রব্য এবং সহজে ব্রোমাইড লবণের দ্রবণ হইতে ব্রোমিন প্রতিস্থাপিত করে। অনুরূপ ভাবে ব্রোমিন ধাতব আয়োডাইড দ্রবণ হইতে আয়োডিন মুক্ত করে।

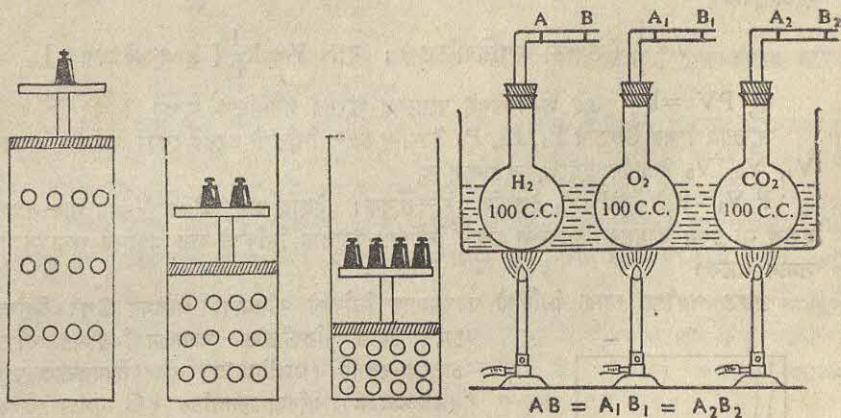
অধাতু
ফ্লুরিন
ক্লোরিন
ব্রোমিন
আয়োডিন
সালফার
ফসফরাস
নাইট্রোজেন
কার্বন

$$2KBr + Cl_2 = 2KCl + Br_2, \quad 2KI + Br_2 = 2KBr + I_2$$

অষ্টম অধ্যায়

গ্যাসীয় সূত্রাবলী

[*Syllabus* : Boyle's law, Charles' law, Gas constant R ; Pv=nRT. Dalton's law of partial pressure, Graham's law of diffusion of gases.]

পদার্থের গ্যাসীয় অবস্থার বৈশিষ্ট্য : পদার্থের কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় এই তিন অবস্থার মধ্যে গ্যাসীয় অবস্থার কতকগুলি বৈশিষ্ট্য আছে। গ্যাসীয় পদার্থের নিজস্ব কোন আকার বা নির্দিষ্ট আয়তন নাই। ছোট বা বড় যে কোন পাত্রেই রাখা হউক না কেন, উহা পাত্রের সমস্ত আয়তন জুড়িয়া থাকে। আবার পরস্পর বিক্রিয়া করে না এমন একাধিক গ্যাস একত্র করিলে উহারা স্বতঃস্ফূর্তভাবে সম্পূর্ণরূপে পরস্পরের সঙ্গে মিশিয়া বা ব্যাপিত হইয়া একটি সমসত্ব মিশ্রণ গঠন করে। রাসায়নিক বিচারে ধর্ম, প্রকৃতিগত পার্থক্য থাকা সত্ত্বেও মৌলিক বা যৌগিক যে কোন গ্যাসীয় পদার্থের ভৌত ব্যবহার একই রকম হয়। চাপ ও উষ্ণতার পরিবর্তনের সঙ্গে সকল গ্যাসের আয়তন একইভাবে পরিবর্তিত হয়। এই সকলই গ্যাসীয় পদার্থের বৈশিষ্ট্য। সেইজন্য গ্যাসের আয়তনের উল্লেখকালে চাপ ও উষ্ণতার উল্লেখ অবশ্যই করিতে হয়।

আমরা জানি, পদার্থমাত্রেই অগণিত অণু দ্বারা গঠিত। কিন্তু এই অণুগুলি পরস্পরের সঙ্গে নিরেট ভাবে লাগিয়া নাই, বরং উহাদের মধ্যে অতি সামান্য ব্যবধান আছে। এই ব্যবধান বা ফাঁককে বলা হয় **আন্তরাণবিক ব্যবধান** (inter-molecular space)। অধিকন্তু অণুগুলি পরস্পর পরস্পরকে আকর্ষণ করে, যাহার নাম **আন্তরাণবিক আকর্ষণ** (inter-molecular attraction)। গ্যাসীয় পদার্থের অণুগুলির মধ্যে পারস্পরিক ব্যবধান খুব বেশী, আকর্ষণ অত্যন্ত কম, ফলে অণুগুলি স্বভাবতঃই ছড়াইয়া পড়ার প্রবণতা দেখায়। এইরূপ সম্প্রসারণক্ষম হওয়ায় ইহাতে **গতিশক্তি** (kinetic energy) বর্তমান।

চিত্র ১(৩১) গ্যাসের আয়তন ও ঘনত্বের সঙ্গে চাপের সম্পর্ক

চিত্র ১(৩২) সমমাত্রায় উষ্ণতার বৃদ্ধিতে গ্যাসের সম আয়তন বৃদ্ধি

গ্যাসের উপর চাপ বৃদ্ধিতে উহার অণুগুলির আন্তরাণবিক ব্যবধান হ্রাস হেতু একদিকে যেমন উহার ঘনত্ব বাড়ে অপর দিকে তেমনই আয়তন কমিয়া যায়। তাপমাত্রা বৃদ্ধি ও হ্রাসের সঙ্গেও গ্যাসের আয়তনের বৃদ্ধি ও হ্রাস ঘটে। সুতরাং গ্যাসের প্রসারণশীলতা, সংকোচনশীলতা, গতিশীলতা সবই পদার্থের গ্যাসীয় অবস্থার বৈশিষ্ট্য

বলিয়া গণ্য হয়। **সমমাত্রার চাপ ও উষ্ণতার পরিবর্তনে যে কোন গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন সম পরিমাণে পরিবর্তিত হইবেই।** সেইজন্য স্থির উষ্ণতায় 100 c.c. বায়ু, অক্সিজেন, হাইড্রোজেন, কার্বন ডাই-অক্সাইড, সালফার ডাই-অক্সাইড প্রভৃতি যে কোন গ্যাসের উপর চাপের মাত্রা দ্বিগুণ করিলে গ্যাসের আয়তন হ্রাস পাইয়া 50 c.c. হইবে, চাপ চতুর্গুণ করিলে আয়তন হইবে 25 c.c.। আবার ইহার বিপরীতও সত্য। অর্থাৎ চাপ কমাইলে গ্যাসের আয়তন একই ভাবে বাড়ে। মনে রাখা দরকার, চাপের পরিবর্তনে গ্যাসীয় পদার্থের ঘনত্বের পরিবর্তনও অবশ্যম্ভাবী।

আবার স্থির চাপে 100 c.c. ঐ সকল গ্যাসের যে কোন একটি 0°C হইতে 50°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করিলে গ্যাসের আয়তন 118·3 c.c. হইবে। চিত্র ১(৩২) হইতে স্পষ্ট বুঝা যায় তিনটি ভিন্ন গ্যাসীয় পদার্থকে জলগাহে উত্তপ্ত করিলে উষ্ণতার সমবৃদ্ধিতে তিনটি গ্যাসের আয়তনও সমহারে বৃদ্ধি পায়। উষ্ণতা কমাইলেও আয়তনের হ্রাস সমহারে ঘটিবে।

গ্যাসীয় সূত্রাবলী—(১) **বয়েলের সূত্র :** অপরিবর্তিত উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তনের উপর চাপের প্রভাব সম্পর্কে রবার্ট বয়েল (1662 খ্রীঃ) যে সূত্র দেন, তাহা নিম্নরূপ :

স্থির উষ্ণতায় নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন উহার চাপের বিপরীত অনুপাতে বা ব্যস্তানুপাতে (inversely) **পরিবর্তিত হয়।**

তাপমাত্রা নির্দিষ্ট রাখিয়া নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের উপর চাপ বৃদ্ধি করিলে গ্যাসের আয়তন কমে এবং চাপ কমাইলে গ্যাসের আয়তন বৃদ্ধি পায়। অর্থাৎ চাপ দ্বিগুণ করিলে গ্যাসের আয়তন পূর্বের আয়তনের অর্ধেক হইবে, আবার চাপ অর্ধেক করিলে গ্যাসের আয়তন দ্বিগুণ হইবে।

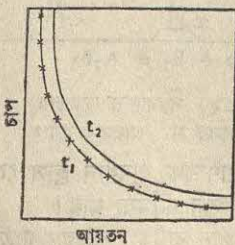
যদি নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের চাপ P এবং আয়তন V হয় তবে বয়েলের সূত্রানুযায়ী,

$$V \propto \frac{1}{P} \text{ (উষ্ণতা অপরিবর্তিত)}; \quad \text{বা,} \quad V = k\frac{1}{P} \text{ [k একটি ধ্রুবক]}$$

বা, $PV = k$; এই সমীকরণই বয়েলের সূত্রের গাণিতিক রূপ।

সুতরাং স্থির উষ্ণতায় P_1, P_2, P_3 ইত্যাদি চাপে নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন V_1, V_2, V_3 ইত্যাদি হইলে, সূত্রানুসারে,

$P_1V_1 = P_2V_2 = P_3V_3$ ইত্যাদি $= k =$ ধ্রুবক। ইহার অর্থ, **P ও V-এর মান যাহাই** হউক না কেন তাহাদের গুণফল কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট ভর গ্যাসের জন্য সর্বদা সমান থাকে।

প্রকৃত পরীক্ষা দ্বারা নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের উপর বিভিন্ন চাপে উহার পরিবর্তিত আয়তন নির্ধারণ করিয়া চাপকে কোটি (ordinate) এবং আয়তনকে ভুজ (abscissa) ধরিয়া লেখচিত্র (Graph) অঙ্কন করিলে একটি সম পরাবৃত্তাকার (rectangular hyperbolic) লেখচিত্র পাওয়া যায় [চিত্র ১ (৩২ক)।] লেখচিত্রের প্রকৃতি সুনির্দিষ্ট ভাবে বয়েল সূত্রের সত্যতা প্রমাণ করে। বলা বাহুল্য, বিভিন্ন তাপমাত্রায় বিভিন্ন সম পরাবৃত্তাকার লেখচিত্র পাওয়া যাইবে।

চিত্র ১(৩২ক) বয়েল সূত্রের লেখচিত্র
$T_2 > T_1$

স্থির উষ্ণতায় কোন গ্যাসের চাপ ও ঘনত্বের সম্পর্ক অথবা আয়তন ও ঘনত্বের সম্পর্ক নির্ধারণে বয়েল সূত্রকে প্রয়োগ করা যায়। ইহা বয়েল সূত্রের উপসূত্র বলা যাইতে পারে।

স্থির উষ্ণতায় চাপ ও ঘনত্বের সম্পর্ক :

বয়েলের সূত্রানুযায়ী আমরা জানি, $P_1V_1=P_2V_2$

$$\text{বা, } \frac{V_1}{V_2}=\frac{P_2}{P_1} \text{ (উষ্ণতা অপরিবর্তিত)}$$

এখন মনে করি, গ্যাসের ভর$=M$ এবং P_1 চাপে সেই গ্যাসের আয়তন ও ঘনত্ব যথাক্রমে V_1 এবং D_1 এবং P_2 চাপে আয়তন ও ঘনত্ব যথাক্রমে V_2 ও D_2 ;

$$\therefore \quad D_1=\frac{M}{V_1} \text{ এবং } D_2=\frac{M}{V_2}$$

$$\text{বা, } \frac{V_1}{V_2}=\frac{D_2}{D_1} \text{ (অর্থাৎ গ্যাসের আয়তন উহার ঘনত্বের সহিত ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়)}$$

$$\therefore \quad \frac{V_1}{V_2}=\frac{P_2}{P_1}=\frac{D_2}{D_1}$$

$$\therefore \quad \frac{D_2}{D_1}=\frac{P_2}{P_1}; \text{ বা, } \frac{D_1}{D_2}=\frac{P_1}{P_2}=k \text{ [ধ্রুবক]}$$

$$\text{সুতরাং, } \frac{P}{D}=k \quad \therefore \quad P=kD. \text{ বা } P \propto D$$

সূত্রাকারে বলা যায়, **অপরিবর্তিত উষ্ণতায় গ্যাসের ঘনত্ব চাপের পরিবর্তনের সংগে সমানুপাতে (directly) পরিবর্তিত হয়।**

(২) **চার্লসের সূত্র :** অপরিবর্তিত চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন ও উষ্ণতার সম্পর্ক সম্বন্ধে চার্লস একটি সূত্র দেন (1787 খ্রীঃ)। পরবর্তীকালে গে লুসাক (1802 খ্রীঃ) স্বতন্ত্রভাবে এই সম্পর্ক নির্ধারণ করেন। চার্লসের সূত্র নিম্নরূপ :

স্থির চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের আয়তন প্রতি ডিগ্রী সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধি বা হ্রাসের জন্য উহার 0°C উষ্ণতায় আয়তনের $\frac{1}{273}$ ভাগ বৃদ্ধি বা হ্রাস পায়। এই $\frac{1}{273}$ অংশটি গ্যাসের প্রসারাঙ্ক। প্রকৃতপক্ষে সংখ্যাটি $\frac{1}{273.4}$ সমস্ত গ্যাসই আয়তন প্রসারণে বা সংকোচনে একই রকম আচরণ করে অর্থাৎ সকল গ্যাসেরই প্রসারাঙ্ক সমান।

মনে করি, নির্দিষ্ট চাপে 0°C উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন V_0 c.c.। চাপ না বদলাইয়া যদি উহার তাপমাত্রা বদলানো হয় তবে,

$$1^\circ\text{C উষ্ণতা বাড়াইলে আয়তন হইবে } V_0+\frac{V_0}{273}=V_0\left(1+\frac{1}{273}\right)\text{c.c.}$$

$$10^\circ\text{C} \;,, \quad ,, \quad ,, \quad ,, \quad V_0+\frac{V_0\times 10}{273}=V_0\left(1+\frac{10}{273}\right)\text{ c.c.}$$

$$t^\circ\text{C} \;,, \quad ,, \quad ,, \quad ,, \quad V_0+\frac{V_0\times t}{273}=V_0\left(1+\frac{t}{273}\right)\text{ c.c.}$$

আবার, 1°C উষ্ণতা কমাইলে আয়তন হইবে $V_0 - \frac{V_0}{273} = V_0\left(1 - \frac{1}{273}\right)$ c.c.

10°C ,, ,, ,, ,, $V_0 - \frac{V_0 \times 10}{273} = V_0\left(1 - \frac{10}{273}\right)$ c.c.

t°C ,, ,, ,, ,, $V_0 - \frac{V_0 \times t}{273} = V_0\left(1 - \frac{t}{273}\right)$ c.c.

পরম শূন্য ও পরম উষ্ণতা (Absolute zero & Absolute temperature) :

যদি নির্দিষ্ট চাপে 0°C উষ্ণতায় প্রাপ্ত V_0 c.c. আয়তনের কোন গ্যাসের উষ্ণতা 273°C কমানো হয়, চার্লসের সূত্রানুযায়ী এই–273°C উষ্ণতায় ঐ গ্যাসের আয়তন হইবে $\left(V_0 - \frac{V_0 \times 273}{273}\right)$ c.c. $= V_0\left(1 - \frac{273}{273}\right)$ c.c. = 0 c.c.

অর্থাৎ – 273°C উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তনের অবলুপ্তি ঘটে। যে তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন লোপ পায় (অর্থাৎ – 273°C) তাহাকে পরম শূন্য (Absolute zero) বলা হয়।

বাস্তবিক পক্ষে উহা সম্ভব নহে। এত নিম্ন তাপমাত্রায় আসিবার পূর্বেই কোন গ্যাস কঠিনত্ব বা তরলত্ব লাভ করে।

পরম শূন্য অর্থাৎ – 273°C কে শূন্য (0°) ধরিয়া যদি উষ্ণতার প্রতি ডিগ্রী এক ডিগ্রী সেণ্টিগ্রেডের সমান হিসাবে মাপা যায় তাহা হইলে উষ্ণতার যে স্কেল পাওয়া যায় তাহাকে উষ্ণতার পরম মাত্রা বা স্কেল বলা হয় এবং পরম মাত্রা অনুসারে উষ্ণতার মানকে বলা হয় পরম উষ্ণতা (absolute temperature)। এই পরম উষ্ণতাকে T°A রূপে অথবা আবিষ্কারক কেলভিনের নামানুসারে T°K রূপে লেখা হয়।

চিত্র ১(৩৩) সেণ্টিগ্রেড ও কেলভিন স্কেল

এই মাত্রার এক ডিগ্রী (1°) পরিসর (magnitude) এক ডিগ্রী সেণ্টিগ্রেড হারের সমান এবং ইহার 0° ডিগ্রীতে পদার্থের আয়তন লোপ পায়। সুতরাং সেণ্টিগ্রেড মাত্রার উষ্ণতার সহিত 273 যোগ করিলে পরম মাত্রার উষ্ণতা পাওয়া যায়।

∴ পরম উষ্ণতা=সেণ্টিগ্রেড মাত্রার উষ্ণতা+273

$$T = t + 273$$

অর্থাৎ 0°C=273°A বা 273°K

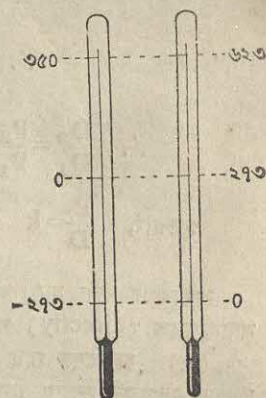
10°C=10+273 বা 283°A

100°C=(100+273) বা 373°A

–10°C=(–10+273) বা 263°A

–273°C=(–273+273) বা 0°A

এই মাত্রায় জলের হিমাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক যথাক্রমে 273°A এবং 373°A।

পরম উষ্ণতার হারে চার্লস সূত্রের অন্যরূপ (Expression of Charles' law in terms of absolute temperature) :

মনে করি, নির্দিষ্ট পরিমাণ (ভরের) গ্যাসের ক্ষেত্রে স্থির চাপে $0°C$, $t_1°C$ এবং $t_2°C$ উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তন যথাক্রমে V_0, V_1 এবং V_2।

সুতরাং, চার্লস সূত্রানুযায়ী, $V_1 = V_0 + V_0\frac{t_1}{237} = V_0\left(1+\frac{t_1}{273}\right)$

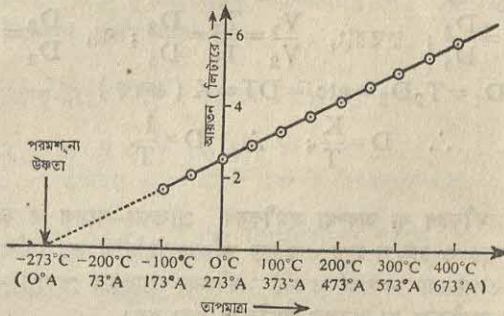
$$= V_0\left(\frac{273+t_1}{273}\right)$$

$$V_2 = V_0 + V_0\frac{t_2}{273} = V_0\left(1+\frac{t_2}{273}\right) = V_0\left(\frac{273+t_2}{273}\right)$$

$\therefore\ \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$; অথবা, $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \frac{V}{T} = K$ (ধ্রুবক)

$\therefore\ V \propto T.$

ইহাই চার্লস সূত্রের গাণিতিক রূপ। অর্থাৎ **স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের যে কোন গ্যাসের আয়তন উহার পরম উষ্ণতার সম-অনুপাতে পরিবর্তিত হয়।** সহজভাবে বলিলে, পরম উষ্ণতা যে অনুপাতে বাড়ে বা কমে, গ্যাসের আয়তনও সেই অনুপাতে বাড়ে বা কমে।

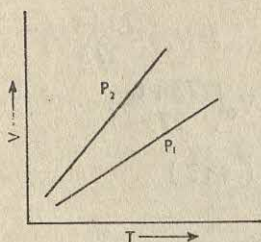
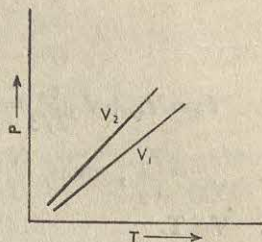
প্রকৃত পরীক্ষায় দেখা যায় স্থির চাপে বিভিন্ন তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের আয়তন মাপিয়া আয়তনকে কোটি এবং তাপমাত্রাকে ভুজ ধরিয়া একটি লেখচিত্রে প্রকাশ করিলে একটি সরলরেখা পাওয়া যায় যাহা বাম দিকে সম্প্রসারিত করিলে $-273°C$ তাপমাত্রা বা পরম শূন্য উষ্ণতায় ($0°A$) অক্ষকে স্পর্শ করে [চিত্র ১(৩৪)]। এইরূপ লেখ চিত্র সকল গ্যাসের ক্ষেত্রেই পাওয়া যায়। লেখচিত্রের প্রকৃতি হইতে চার্লস সূত্রের সত্যতাই প্রমাণিত হয়।

চিত্র ১(৩৪)

অনুরূপ অপর একটি সূত্রকে **গেলুসাক সূত্র** আখ্যা দেওয়া হয়; নির্দিষ্ট আয়তনে কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের চাপ উহার পরম উষ্ণতার সমানুপাতী বা আয়তন স্থির থাকিলে নির্দিষ্ট ভর কোন গ্যাসের ক্ষেত্রে

$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$ (যেখানে P_1 এবং T_1 প্রাথমিক চাপ ও পরম উষ্ণতা এবং P_2 ও T_2 পরিবর্তিত চাপ ও পরম উষ্ণতা।)

স্থির কিন্তু বিভিন্ন চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের আয়তন ও পরম উষ্ণতার লেখচিত্র অংকন করিলে বিভিন্ন সরলরেখা পাওয়া যায় এবং উহাদিগকে বাম দিকে বর্ধিত করিলে শূন্য আয়তনে মিলিত হয় [চিত্র ১(৩৫)]।

আবার আয়তন স্থির রাখিয়া নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের চাপের পরিবর্তন বিভিন্ন

পরম উষ্ণতায় নির্ধারণ পূর্বক চাপকে কোটি এবং পরম উষ্ণতাকে ভূজ ধরিয়া লেখচিত্র অঙ্কন করিলে একটি সরল রেখা পাওয়া যায়। বলা বাহুল্য বিভিন্ন স্থির আয়তনে বিভিন্ন সরল রৈখিক লেখচিত্র পাওয়া যাইবে [চিত্র ১(৩৬)]।

চিত্র ১(৩৫) চিত্র ১(৩৬)

গ্যাসের উষ্ণতা (T) এবং (ঘনত্বের সম্পর্ক) :

ইহা প্রমাণ করা যায় যে, অপরিবর্তিত চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের ঘনত্ব পরম উষ্ণতার সঙ্গে বিপরীত বা ব্যস্ত অনুপাতে পরিবর্তিত হয়। ইহাকে চার্লস সূত্রের উপসূত্র বলা যাইতে পারে।

চার্লসের সূত্রানুযায়ী, $\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}$; অথবা, $\frac{V_1}{V_2}=\frac{T_1}{T_2}$

আমরা জানি, $M=V_1D_1=V_2D_2$ (M অর্থাৎ ভর অপরিবর্তনীয়)

অথবা, $\frac{V_1}{V_2}=\frac{D_2}{D_1}$; সুতরাং, $\frac{V_1}{V_2}=\frac{T_1}{T_2}=\frac{D_2}{D_1}$; বা, $\frac{D_2}{D_1}=\frac{T_1}{T_2}$

অথবা, $T_1D_1=T_2D_2=\text{etc.}=DT=K$ (ধ্রুবক)

$$\therefore \quad D=\frac{K}{T}; \quad \therefore \quad D\propto\frac{1}{T}.$$

সংযুক্ত গ্যাস সমীকরণ বা অবস্থা সমীকরণ প্রতিষ্ঠা—বয়েল ও চার্লস সূত্রদ্বয়ের সমন্বয় : বয়েল সূত্র ও চার্লস সূত্র একত্রিত করিলে নির্দিষ্ট ভর বিশিষ্ট কোন গ্যাসের চাপ, আয়তন ও তাপমাত্রার সম্পর্ক একটি সমীকরণ আকারে প্রকাশ করা যায়। এই সমীকরণকেই **গ্যাস সমীকরণ বা অবস্থা সমীকরণ** বলা হয়।

মনে করি P চাপে T পরম উষ্ণতায় নির্দিষ্ট ভর কোন গ্যাসের আয়তন V।

$\therefore$ বয়েলের সূত্রানুযায়ী $V\propto\frac{1}{P}$ (যখন উষ্ণতা T অপরিবর্তিত থাকে) এবং

চার্লসের সূত্রানুসারে $V \propto T$ (যখন চাপ P স্থির থাকে)। বয়েল ও চার্লসের সূত্রদ্বয়ের সমন্বয় সাধন করিলে যুগ্মভেদের (Joint variation) সূত্রানুসারে পাওয়া যায়—

$V\propto\frac{T}{P}$ (যখন উষ্ণতা ও চাপ উভয়ই পরিবর্তিত হয়)

বা $\frac{PV}{T}=K=$ ধ্রুবক বা $PV=KT$।

ইহাই গ্যাসের অবস্থা সমীকরণ এবং ইহা দ্বারাই নির্দিষ্ট ভর কোন গ্যাসের চাপ, আয়তন ও তাপমাত্রার সম্পর্ক প্রকাশিত হয়। এই সম্পর্ক হইতে ইহা বুঝা যায় নির্দিষ্ট ভর কোন গ্যাসের চাপ ও তাপমাত্রা পরিবর্তন করিলে গ্যাসের আয়তন এমন হইবে যাহাতে $\frac{PV}{T}$ অপরিবর্তিত থাকে বা ধ্রুবক হয়।

একই ভাবে প্রমাণ করা যায়,

$$\frac{PV}{T}=\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}\ldots\ldots=\frac{P_nV_n}{T_n}=K$$ (যেখানে P_1, V_1 ; P_2, V_2 ; ......P_nV_n ইত্যাদি T_1, T_2,......T_n পরম উষ্ণতায় একই ভরবিশিষ্ট গ্যাসের চাপ ও আয়তন)।

ইহাও বলা যায়, যখন চাপ ও তাপমাত্রা উভয়ই পরিবর্তিত হয় তখন নির্দিষ্ট ভর কোন গ্যাসের আয়তন একই সঙ্গে চাপের ব্যস্ত অনুপাতে এবং তাপমাত্রার সমানুপাতে পরিবর্তিত হয়।

এখন, $PV=KT$ সমীকরণের ধ্রুবক 'K' এর মান গ্যাসের পরিমাণের উপর নির্ভরশীল। এক গ্রাম-অণু যে কোন গ্যাসের ক্ষেত্রে 'K'-র পরিবর্তে R লেখা হয় এবং সমীকরণটি তখন হয় $PV=RT$। Rকে বলা হয় **গ্রাম-আণবিক গ্যাস ধ্রুবক** (molar gas constant)। R-এর মূল্য গ্যাসের ধর্ম বা প্রকৃতির নির্ভর করে না, ইহা সকল গ্যাসের পক্ষেই এক। সেইজন্য ইহা **সার্বিক গ্যাস ধ্রুবক** (universal gas constant)। n গ্রাম-অণু গ্যাসের ক্ষেত্রে এই সমীকরণের রূপ হইবে,

$$Pv=nRT।$$

আবার বয়েল ও চার্লস সূত্রের সহিত অ্যাভোগাড্রো সূত্র একত্রীভূত করিলে সহজেই $Pv=nRT$ সমীকরণটি পাওয়া যায়।

বয়েলের সূত্রানুসারে $v \propto \frac{1}{P}$ (n এবং T স্থির থাকিলে)

চার্লসের সূত্রানুসারে $v \propto T$ (n এবং P " ")

অ্যাভোগাড্রো সূত্রানুসারে $v \propto n$ (P এবং T স্থির থাকিলে)

$\therefore \quad v \propto \frac{nT}{P}$ (n, [ভর], P এবং T পরিবর্তিত হইলে)

বা, $Pv=nRT$ [R=ধ্রুবক]

যে সমস্ত গ্যাস বয়েল ও চার্লস সূত্র মানিয়া চলে বা $PV=RT$ বা $Pv=nRT$ সমীকরণ মানে, তাহাদিগকে বলা হয় আদর্শ গ্যাস (ideal gas)। এই সমীকরণকে বলা হয় আদর্শ গ্যাস সমীকরণ (ideal gas equation)। যেসকল গ্যাস ইহা মানে না তাহারা প্রকৃত গ্যাস (real gas)। সাধারণভাবে কোন গ্যাসই পুরাপুরিভাবে বয়েল ও চার্লস সূত্র মানিয়া চলে না। সুতরাং আদর্শ গ্যাস নিছক কল্পনা মাত্র। নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন আদর্শ গ্যাসের চাপ ও আয়তনের গুণফলের ($P \times V$) উপর চাপের (P) প্রভাবের লেখচিত্র অক্ষের অনুভূমিক রেখা দ্বারা প্রকাশিত হয়।

প্রসঙ্গত বলা দরকার যে বয়েল সূত্র, চার্লসসূত্র এবং অ্যাভোগাড্রো সূত্র এই তিনটির সাহায্যে কোন গ্যাসীয় যৌগের আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যায়। আমরা জানি v আয়তনে n গ্রাম-অণু উপস্থিত কোন গ্যাসের সমীকরণ হইতেছে—

$$Pv=nRT$$

এখন যদি গ্যাসের ওজন W এবং আণবিক গুরুত্ব M হয় তাহা হইলে উপরের সমীকরণকে নিম্নরূপে ব্যক্ত করা যায়।

$$Pv=\frac{W}{M}RT \qquad \therefore \quad M=\frac{WRT}{Pv}$$

সুতরাং গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে এই সমীকরণ প্রয়োগ করা সম্ভব।

নির্দিষ্ট ভর গ্যাসের উষ্ণতা, চাপ ও ঘনত্বের সম্পর্ক : আমরা জানি, বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্রানুযায়ী নির্দিষ্ট ভর কোন গ্যাসের ক্ষেত্রে,

$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}=$ ধ্রুবক। এখানে ভর অপরিবর্তিত বা স্থির আছে, সুতরাং ঘনত্বের সংজ্ঞানুসারে $V_1=\frac{M}{D_1}$ এবং $V_2=\frac{M}{D_2}$.

(যেখানে M গ্যাসের ভর ; D_1 এবং D_2 যথাক্রমে চাপ P_1 এবং পরম উষ্ণতা T_1তে এবং চাপ P_2 এবং পরম উষ্ণতা T_2তে গ্যাসের ঘনত্ব।)

$$\therefore \quad \frac{P_1M}{T_1D_1}=\frac{P_2M}{T_2D_2} \text{ বা, } \frac{P_1}{T_1D_1}=\frac{P_2}{T_2D_2}=\text{ধ্রুবক।}$$

এই সমীকরণ নির্দিষ্ট ভর গ্যাসের ঘনত্ব, চাপ ও তাপমাত্রার সম্পর্ক ব্যক্ত করে অর্থাৎ চাপ ও তাপমাত্রার পরিবর্তনে গ্যাসের ঘনত্বের কিরূপ পরিবর্তন হয় তাহা সূচিত করে।

গ্যাসের স্থির আয়তনে পরম উষ্ণতা ও চাপের সম্পর্ক : নির্দিষ্ট ভর কোন গ্যাসের ক্ষেত্রে আমরা জানি,

$$\frac{PV}{T}=K=\text{ধ্রুবক।} \qquad \therefore \quad P=\frac{K}{V}T$$

এখন V স্থির রাখিলে $\frac{K}{V}$ নিত্যসংখ্যা হয়।

$\therefore$ $P \propto T$, অর্থাৎ নির্দিষ্ট ভর গ্যাসের আয়তন স্থির রাখিয়া তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিলে গ্যাসের চাপ সমানুপাতে বাড়ে। সুতরাং চাপবৃদ্ধি হইতে উষ্ণতা পরোক্ষভাবে এই সমীকরণ হইতে নির্ণীত হইতে পারে। গ্যাস থার্মোমিটার (যথা নাইট্রোজেন) নির্মাণ এই নীতির ভিত্তিতেই করা হয়।

আণব ধ্রুবক বা গ্রাম-আণবিক গ্যাস ধ্রুবকের (R) মান (Determination of value of R) : গ্যাস সমীকরণ হইতে আমরা জানি প্রতি গ্রাম-অণুর ক্ষেত্রে PV=RT

$$\text{বা} \quad R=\frac{PV}{T}\text{।}$$

কিন্তু $P=$ চাপ $=\frac{\text{বল}}{\text{ক্ষেত্রফল}}$; এবং $V=(\text{দৈর্ঘ্য})^3$, ক্ষেত্রফল $=(\text{দৈর্ঘ্য})^2$

$$R=\frac{\text{বল}}{(\text{দৈর্ঘ্য})^2}\times\frac{(\text{দৈর্ঘ্য})^3}{\text{ডিগ্রী}}=\frac{\text{বল}\times\text{দৈর্ঘ্য}}{\text{ডিগ্রী}}=\frac{\text{শক্তি}}{\text{ডিগ্রী}}$$

$\therefore$Rএর প্রকৃত পরিমাপ হইল শক্তি/প্রতি ডিগ্রী প্রতি গ্রাম-অণু। শক্তি একাধিক এককে প্রকাশ করা যায়। সুতরাং Rএর মানও শক্তির বিভিন্ন এককে বিভিন্ন হইবে। সুতরাং R ধ্রুবক হইলেও ইহা শুদ্ধ সংখ্যা নহে, পরন্তু শক্তির বিভিন্ন এককের উপর ইহা নির্ভরশীল। **লিটার অ্যাটমস্ফিয়ার এককে ইহার মান এইরূপ :** (ক) অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে 1 গ্রাম-অণু কোন গ্যাসের আয়তন প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 22·4 লিটার

অর্থাৎ 1 গ্রাম-অণু গ্যাসের তাপমাত্রা যদি 0°C বা 273°A হয়, এবং চাপ P যদি এক অ্যাটমসফিয়ার বা 76 সেণ্টিমিটার (মার্কারী) হয় তাহা হইলে গ্যাসের আয়তন V হইবে 22·4 লিটার। সুতরাং

$$R=\frac{PV}{T}=\frac{1\times 22\cdot 4}{273}=0\cdot 082$$ লিটার অ্যাটমসফিয়ার/প্রতিডিগ্রী প্রতিগ্রাম-অণু।

[লিটার অ্যাটমসফিয়ার শক্তির একক]

R-এর মূল্যায়ন অন্যান্য এককে : (খ) সি. জি. এস, এককে P (চাপ) কে প্রকাশ করা হয় ডাইন/সে মি.^{2} V কে ঘন সে. মি. এবং T কে °A-এ। 1 অ্যাটমসফিয়ার অর্থে এক বর্গসেণ্টিমিটার ক্ষেত্রের উপর দণ্ডায়মান 76 সে. মি. পারদ স্তম্ভের ওজন বুঝায়। আবার 0°C তাপমাত্রায় পারদের ঘনত্ব=13·6 গ্রাম/সি. সি এবং অভিকর্ষাঙ্ক (g)= 981 সে.মি/সেকেণ্ড^2।

∴ 1 অ্যাটমসফিয়ার চাপ$=76\times 13\cdot 6\times 981$ ডাইন/সে.মি^{2}

আবার প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায়,

1 গ্রাম-অণু গ্যাসের আয়তন=22400 সি.সি (ঘন সেণ্টিমিটার)

স্বতরাং $R=\frac{PV}{T}$ এই সমীকরণে P, V এবং T এর মান বসাইলে

$$R=76\times 13\cdot 6\times 981\frac{\text{ডাইন}}{\text{সেমি}^2}\times\frac{22400\ \text{সেমি}^3}{273\ \text{ডিগ্রী}}$$

$$=\frac{76\times 13\cdot 6\times 981\times 22400}{273}$$ আর্গ প্রতি ডিগ্রী/গ্রাম-অণু

$=8\cdot 315\times 10^7$ আর্গ প্রতি ডিগ্রী/গ্রাম-অণু।

(গ) আমরা জানি 10^7 আর্গ=1 জুল (Joule)

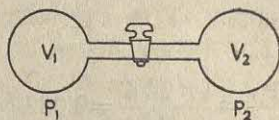
∴ R=8·315 জুল প্রতি ডিগ্রী/গ্রাম অণু।

আবার 4·184 জুল বা $4\cdot 184\times 10^7$ আর্গ=1 ক্যালরি (calorie)

স্বতরাং $R=\frac{8\cdot 315}{4\cdot 184}=1\cdot 987\approx 2$ ক্যালরি প্রতি ডিগ্রী/গ্রাম-অণু।

গ্যাস মিশ্রণের চাপ—ডালটনের অংশ চাপ সূত্র (Partial pressure and Dalton's law of partial pressure) : পরস্পরের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে না এমন একাধিক গ্যাসীয় পদার্থ যদি মিশ্রিত অবস্থায় থাকে তবে সেই গ্যাস মিশ্রণের একটি নির্দিষ্ট চাপ থাকে। আবার মিশ্রণে উপস্থিত প্রতিটি গ্যাস সমগ্র আয়তনে এককভাবে থাকিলে পরিমাণ অনুযায়ী প্রতিটি গ্যাসের ভিন্ন ভিন্ন একটি চাপ থাকে। ডালটন (1801 খ্রীঃ) এইরূপ গ্যাস-মিশ্রণের সমগ্র চাপ এবং উপাদান গ্যাসগুলির প্রত্যেকটির পৃথক চাপের সম্পর্ক নিরূপণ করেন। ইহা ডালটনের **অংশ চাপ সূত্র** নামে খ্যাত। সূত্রটি এইরূপ—**স্থির উষ্ণতায় নির্দিষ্ট আয়তনে পরস্পরের মধ্যে রাসায়নিক ক্রিয়া করে না এমন দুই বা ততোধিক গ্যাসীয় বা বাষ্পীয় পদার্থ যদি মিশ্রিত অবস্থায় থাকে তাহা হইলে গ্যাস-মিশ্রণের মোট চাপ তাহার উপাদান গ্যাসগুলির প্রত্যেকটির অংশচাপের যোগ-ফলের সমান হইবে। অংশচাপ অর্থে একই উষ্ণতায় মিশ্রণের প্রতিটি উপাদান গ্যাস একক-ভাবে মিশ্রণ পাত্রের সমগ্র আয়তন জুড়িয়া থাকিয়া যে চাপের সৃষ্টি করে তাহা বুঝায়।** অর্থাৎ নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন গ্যাস-মিশ্রণের মোট চাপ যদি P হয় এবং p_1, p_2, p_3... ইত্যাদি একই উষ্ণতায় উপাদানগুলির অংশ চাপ হয়, তাহা হইলে,

$P=p_1+p_2+p_3+\ldots\ldots$। ইহাই ডালটনের অংশচাপ সূত্রের **গাণিতিক রূপ।**

অংশচাপ-নির্ণয় সূত্র : মনে করি স্থির উষ্ণতায় P_1 চাপে V_1 আয়তনের গ্যাসের সহিত P_2 চাপে V_2 আয়তনের অপর একটি গ্যাস মিশ্রিত করা হইল। ∴ মিশ্রণের মোট চাপ হইবে P এবং মোট আয়তন হইবে V_1+V_2 (মনে করি V)। গ্যাস দুইটির অংশ চাপ যদি p_1 এবং p_2 হয়, তাহা হইলে $P=p_1+P_2$। বয়েলের সূত্রানুসারে, $p_1V=P_1V_1$ এবং $p_2\ V=P_2V_2$

চিত্র ১(৩৭)

$$\therefore\ p_1=\frac{P_1V_1}{V}=P_1\frac{V_1}{V_1+V_2} \text{ এবং } p_2=\frac{P_2V_2}{V}=P_2\frac{V_2}{V_1+V_2}$$

মিশ্র গ্যাসের চাপনির্ণয় সংকেত $P=p_1+p_2$

$$P=\frac{P_1\times V_1}{V_1+V_2}+\frac{P_2\times V_2}{V_1+V_2} \text{ বা } P=\frac{P_1V_1+P_2V_2}{V_1+V_2}$$

জলের উপর সংগৃহীত গ্যাসের চাপ : জলের উপর সংগৃহীত গ্যাস আর্দ্র হইবে, কারণ ইহাতে জলীয় বাষ্প থাকিবেই এবং সাধারণভাবে সংগৃহীত গ্যাস পরীক্ষাকালীন তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত থাকে। গ্যাস সংগ্রহকালে গ্যাসজারের ভিতরের ও বাহিরের জলতল সমান রাখা হয়। এই অবস্থায় বায়ুমণ্ডলীয় চাপ গ্যাসের জারের মধ্যের আর্দ্র বায়ুচাপের সমান হয়।

∴ ডালটনের অংশচাপ সূত্র-মতে সংগৃহীত গ্যাসের চাপ (p) + পরীক্ষাকালীন তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ (f) = বায়ুচাপ (P)

$\therefore\ p+f=P$ বা $p=P-f$

∴ শুষ্ক গ্যাসের চাপ = বায়ুমণ্ডলীর চাপ—পরীক্ষার তাপমাত্রার জলীয় বাষ্পের চাপ। রে'নোর তালিকা (Regnault's table) হইতে যে কোন উষ্ণতায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ কত তাহা জানা যায়।

অংশচাপের সংগে গ্রাম-অণু ভগ্নাংশের সম্পর্ক : মিশ্রণ পাত্রের v আয়তনে মিশ্রণের প্রতিটি গ্যাস একক ভাবে ঐ আয়তন জুড়িয়া থাকিলে প্রতিটি গ্যাসের ক্ষেত্রে গ্যাস-সমীকরণ নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায়।

$p_1v=n_1RT\ldots$(i)

$p_2v=n_2RT\ldots$(ii)

$p_3v=n_3RT\ldots$(iii) ইত্যাদি। (p_1, p_2, p_3,...মিশ্রণের গ্যাসগুলির অংশচাপ)

$\therefore\ (p_1+p_2+p_3+\ldots)v=(n_1+n_2+n_3+\ldots)RT\ldots$(iv)

ডালটনের অংশচাপ সূত্র অনুযায়ী,

$Pv=(n_1+n_2+n_3+\ldots)RT=nRT\ldots$(v)

[P = মিশ্রণের মোট চাপ, $n=n_1+n_2+n_3+\ldots$ = মিশ্রণের মোট গ্রাম-অণু সংখ্যা]।

এখন উপরের সমীকরণ (i) এবং (v) যুক্ত করিলে $p_1=\frac{n_1}{n}P\cdots$(vi)

একই ভাবে পাওয়া যায় $p_2=\frac{n_2}{n}P\cdots$(vii) ; $P_3=\frac{n_3}{n}P\cdots$(viii) ইত্যাদি।

$\frac{n_1}{n}$, $\frac{n_2}{n}$ ইত্যাদি ভগ্নাংশগুলিকে বলা হয় **গ্রাম-অণু ভগ্নাংশ**। কোন গ্যাসীয়

পদার্থের (কঠিন, তরল পদার্থ-সহ)। গ্রাম-অণু ভগ্নাংশ বলিতে মিশ্রণে সেই গ্যাসের গ্রাম-অণু সংখ্যাকে (বা অণু সংখ্যাকে) মিশ্রণের মোট গ্রাম-অণু সংখ্যা (বা অণু সংখ্যা) দ্বারা ভাগ করিলে যে ভগ্নাংশ পাওয়া যায় তাহাকে বুঝায়। যদি প্রতিটি গ্যাসের গ্রাম-অণু ভগ্নাংশের পরিবর্তে x_1, x_2, x_3...ইত্যাদি ব্যবহার করা হয়, তাহা হইলে (vi), (vii) এবং (viii) সমীকরণ নিম্নলিখিতভাবে লেখা যায়—

$p_1=x_1 P$; $p_2=x_2 P$; $p_3=x_3 P$ ইত্যাদি অর্থাৎ গ্যাসের মোট চাপকে মিশ্রণের উপাদান কোন গ্যাসের গ্রাম-অণু ভগ্নাংশ দ্বারা গুণ করিলে সেই গ্যাসের অংশচাপ জানা সম্ভব। ইহা ভৌত রসায়নের একটি প্রয়োজনীয় সূত্র। যদি মিশ্রণে উপস্থিত কোন গ্যাসের গ্রাম-অণু ভগ্নাংশ জানা থাকে তাহা হইলে একই উষ্ণতায় উহার অংশ চাপ মিশ্রণের মোট চাপ হইতে জানা যায়।

আবার, $x_1=\frac{n_1}{n_1+n_2+n_3+\cdots}$; $x_2=\frac{n_2}{n_1+n_2+n_3+\cdots}$ এবং

$$x_3=\frac{n_3}{n_1+n_2+n_3+\cdots}$$

∴ মিশ্রণে উপস্থিত সব গ্যাসের গ্রাম-অণু সংখ্যার সমষ্টি সব সময়ই 1 হইতে বাধ্য।

গ্যাস-ব্যাপন (Gaseous diffusion) : একটি ঘরের কোণে যদি একটি আতরের শিশি খোলা হয়, তাহা হইলে স্বল্পকালের মধ্যেই সমস্ত ঘর সুগন্ধে ভরিয়া যায়। আবার যদি একটি লাইকার অ্যামোনিয়ার বোতলও খোলা হয় তাহা হইলেও কিছুক্ষণের মধ্যে ঘরের সর্বত্রই অ্যামোনিয়ার ঝাঁঝালো গন্ধ অনুভূত হয়। ইহার কারণ ঘর বায়ু দ্বারা পূর্ণ থাকিলেও সুগন্ধ উদ্বায়ী পদার্থ বা অ্যামোনিয়া গ্যাস সহজেই বায়ুর সহিত সমান-ভাবে ছড়াইয়া পড়ে, ফলে ঘরের সর্বত্র গ্যাসীয় পদার্থের অনুপাত একই হয়। এইরূপে **রাসায়নিক বিক্রিয়া করে না এমন একাধিক গ্যাস একত্রিত হইলেই উহারা স্বতঃস্ফূর্তভাবে দ্রুতগতিতে পরস্পরের সহিত সমসত্ত্ব মিশ্রণ উৎপন্ন করে। যে স্বাভাবিক প্রক্রিয়ায় একটি গ্যাস অপর গ্যাসের মধ্যে সমভাবে ছড়াইয়া পড়ে তাহাকে বলা হয় ব্যাপন বা ব্যাপ্তি** (diffusion)। ব্যাপন —গ্যাসমাত্রেরই স্বাভাবিক ধর্ম।

গ্যাস ব্যাপন সম্বন্ধে ডালটনের পরীক্ষা : ডালটন একটি হাইড্রোজেন গ্যাসপূর্ণ বোতল এবং একটি কার্বন ডাই-অক্সাইড পূর্ণ বোতলের মধ্যে একটি লম্বা সরু নল দ্বারা এমনভাবে সংযোগ করিলেন যাহাতে যে বোতলে হালকা অর্থাৎ হাইড্রোজেন গ্যাস আছে তাহা উপরে থাকে। অনেকক্ষণ পর দেখা গেল বোতল দুইটিতে উভয় গ্যাসের সমমিশ্রণ রহিয়াছে। এই পরীক্ষাতে ইহাও প্রমাণিত হয় যে গ্যাসের ব্যাপন সর্বদিকেই (মাধ্যাকর্ষণের বিপরীত দিকেও) সমভাবে হয়।

চিত্র ১(৩৮) গ্যাস ব্যাপন সম্পর্কে ডালটনের পরীক্ষা

গ্রাহামের গ্যাস-ব্যাপন সূত্র (Graham's law of Gaseous diffusion) : দেখা যায়, অনেক সময় আবদ্ধ পাত্রে গ্যাস রাখিলেও উহা ধীরে ধীরে বাহির হইয়া আসে। হাইড্রোজেন-ভর্তি রবারের বেলুন কিছুক্ষণ পরই চুপ্সাইয়া যায়। যে আধারে গ্যাস রাখা যায় তাহার প্রাচীর কঠিন পদার্থ দিয়া তৈয়ারী হইলেও ইহার সচ্ছিদ্রতা (porosity) আছে। কারণ, প্রাচীরের অণুগুলির মধ্যেও আন্তর-

আণবিক ব্যবধান বা ফাঁক বর্তমান এবং এই ফাঁক দিয়া গ্যাসগুলি নিজেদের চলাচলের পথ করিয়া নেয়। তবে সব রকম পদার্থের প্রাচীরের মধ্য দিয়া গ্যাস চলাচল একই গতিতে হয় না। আবার সকল গ্যাস একই গতিতে ব্যাপিত হইতে পারে না।

বিভিন্ন গ্যাসের ব্যাপন অধ্যয়ন করিয়া টমাস গ্রাহাম ব্যাপন সম্পর্কে একটি সূত্র আবিষ্কার করেন। সূত্রটি এইরূপ : **"নির্দিষ্ট চাপ ও উষ্ণতায় গ্যাসসমূহের ব্যাপন হার উহাদের ঘনত্বের বর্গমূলের বিপরীত অনুপাতে পরিবর্তিত হয়।"**

ব্যাপন হার বলিতে কোন একটি নির্দিষ্ট আবদ্ধ পাত্রের সচ্ছিদ্র প্রাচীরের মধ্য দিয়া যে আয়তন (মিলিলিটার) পরিমাণ গ্যাস প্রতি সেকেণ্ডে ব্যাপনক্রিয়ায় বাহিরে আসে তাহাকে বুঝায়। যদি v ml. গ্যাস t সেকেণ্ডে বাহির হয়, তাহা হইলে সেই গ্যাসের প্রতি সেকেণ্ডে ব্যাপন হার $\frac{v}{t}$ মি. লি.।

$$\text{অর্থাৎ ব্যাপন হার} = \frac{\text{বাহিরে আসা গ্যাসের আয়তন (মি. লি.)}}{\text{সময় (সেকেণ্ড)}}$$

মনে রাখা দরকার, চাপ ও উষ্ণতাবৃদ্ধিতে ব্যাপন হারও বৃদ্ধি পায়।

গ্রাহামের ব্যাপন সূত্রের **গাণিতিক প্রকাশ** : নির্দিষ্ট চাপ ও উষ্ণতায় ব্যাপন হার যদি r এবং গ্যাসের ঘনত্ব যদি d হয়,

$$\text{তবে } r \propto \frac{1}{\sqrt{d}} \text{ বা } r \propto \frac{1}{\sqrt{D}} \quad [\text{ যেখানে } D = \text{বাষ্পীয় ঘনত্ব }]$$

$$\therefore \quad r = \frac{k}{\sqrt{d}} \quad (k, \text{ ধ্রুবক })।$$

নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও চাপে একই প্রাচীরের মধ্য দিয়া দুইটি গ্যাসের ব্যাপন হার যথাক্রমে r_1, r_2 এবং তাহাদের ঘনত্ব (প্রমাণ অবস্থায়) যথাক্রমে d_1, d_2 হইলে

$$r_1 = \frac{k}{\sqrt{d_1}},\ r_2 = \frac{k}{\sqrt{d_2}} \text{ অথবা } \frac{r_1}{r_2} = \frac{\sqrt{d_2}}{\sqrt{d_1}} = \sqrt{\frac{D_2}{D_1}}$$

দেখা যাইতেছে, নিম্নতর ঘনত্বের গ্যাস উচ্চতর ঘনত্বের গ্যাস অপেক্ষা অধিক বেগে বিস্তারিত হয়, অথবা গ্যাস যত ভারী হয় তাহার ব্যাপন হার তত কম হয়।

আমরা জানি, আণবিক গুরুত্ব বাষ্পীয় ঘনত্বের দ্বিগুণ। সুতরাং পদার্থ দুইটির, আণবিক গুরুত্ব যদি M_1 এবং M_2 হয় তবে গ্রাহামের সূত্র অন্যভাবে প্রকাশ করা যাইতে পারে।

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{\sqrt{D_2}}{\sqrt{D_1}} \text{ বা } \frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

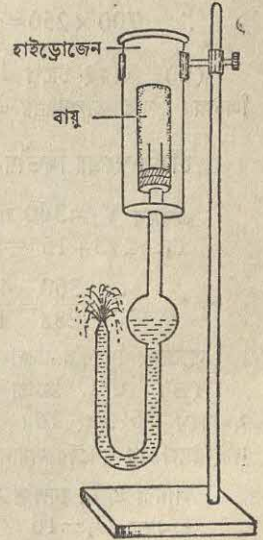
যদি দুইটি গ্যাসের একই আয়তন পরিমাণ (V ml) একই অবস্থায় ব্যাপিত হইতে t_1 এবং t_2 সেকেণ্ড সময় নেয় তাহা হইলে

$$r_1 = \frac{V}{t_1},\ r_2 = \frac{V}{t_2} \text{ এবং } \frac{r_1}{r_2} = \frac{\sqrt{M_2}}{\sqrt{M_1}}$$

$$\text{অথবা } \frac{V/t_1}{V/t_2} = \frac{\sqrt{M_2}}{\sqrt{M_1}} \text{ বা } \frac{t_2}{t_1} = \frac{\sqrt{M_2}}{\sqrt{M_1}}$$

নিঃসরণ বা স্কন্ধন বা অভিব্যাপন (effusion) : গ্যাসের ব্যাপন হার নির্ণয় অপেক্ষা গ্যাসের অভিব্যাপন বা নিঃসরণ হার নির্ণয় তুলনামূলকভাবে সহজ। গ্যাসপূর্ণ

আবদ্ধ পাত্রের প্রাচীরে অতি সূক্ষ্ম ছিদ্র করিয়া অভ্যন্তরের গ্যাসকে চাপপ্রয়োগে বাহির হইতে দিলে দেখা যায় ইহা এই কৃত্রিম ছিদ্রপথেই বাহির হয়। পাত্রের প্রাচীরের স্বাভাবিক ছিদ্রপথে না আসিয়া কোন একটি কৃত্রিম ছিদ্রের মধ্য দিয়া গ্যাস নিষ্ক্রান্ত হওয়ার ঘটনাকে বলা হয় **নিঃসরণ, স্কন্ধন বা অভিব্যাপন**। গ্রাহামের ব্যাপন সূত্র অভিব্যাপন ক্ষেত্রেও সমভাবে প্রযোজ্য।

গ্যাসের ব্যাপন সম্পর্কে পরীক্ষা : পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করা যায় হালকা গ্যাস (যাহার ঘনত্ব কম) ভারী গ্যাস (বেশী ঘনত্বসম্পন্ন) অপেক্ষা অধিকতর দ্রুততার সহিত ব্যাপিত হয়। মাটির বা প্রলেপবিহীন সচ্ছিদ্র পোর্সেলিনের একটি বীকারের মুখ ভালভাবে রবার কর্ক দ্বারা বন্ধ করিয়া উপুড় অবস্থায় কর্কের মাধ্যমে উহার ভিতর একটি U-নলের লম্বা বাহু প্রবেশ করানো হয়। U-নলের লম্বা বাহুটির নীচের দিকে বালব আকৃতি যুক্ত এবং অপর বাহুটি অপেক্ষাকৃত ছোট এবং ইহার মুখ সুচালো। U-নলটি লম্বভাবে আটকাইয়া বীকারটি সরাইয়া উহার নীচের অংশের দুই বাহু কিছুটা রঙিন জল দ্বারা পূর্ণ করা হয়। অতঃপর বীকারটি পূর্ববৎ আটকানো হয়। এখন বীকারটি হাইড্রোজেন গ্যাসপূর্ণ অপর একটি বড় বীকার দিয়া ঢাকিয়া দেওয়া হয়। দেখা যাইবে, U-নলের ভিতর হইতে ফোয়ারার আকারে রঙিন জল বাহির হইতেছে।

চিত্র ১(৩৯) গ্যাস ব্যাপন

পোর্সেলিন বীকারের ভিতরের বায়ু উহার বাহিরের বীকারের হাইড্রোজেন অপেক্ষা ঘনতর; ফলে উহা সহজে বাহিরে যাইতে পারে না, পরন্তু লঘু হাইড্রোজেন গ্যাস সহজে পোর্সেলিন বীকারে প্রবেশ করিয়া গ্যাসের পরিমাণ বাড়ায় এবং নলে চাপ সৃষ্টি করায় রঙিন জল বাহির হইতে থাকে। ইহাতে প্রমাণিত হয়, গ্যাসের ব্যাপন হার উহার ঘনত্বের উপর নির্ভরশীল। ঘনত্ব বেশী হইলে ব্যাপন হার কম হয়।

ব্যাপনের (ও অভিব্যাপনের) ব্যবহারিক প্রয়োগ : (১) এই প্রক্রিয়ায় ভিন্ন ভিন্ন ঘনত্বের গ্যাস-মিশ্রণের উপাদান পৃথক করা যাইতে পারে। অনেক ক্ষেত্রে পোর্সেলিন দেওয়ালের মধ্য দিয়া গ্যাস মিশ্রণকে বার বার পাঠাইয়া লঘু গ্যাস পৃথক করা হয়। ইহাকে বলা হয় **অ্যাটমোলিসিস** (atomolysis) বা চাপ-বিশ্লেষণ।

(২) এই পদ্ধতি তথা গ্রাহামের ব্যাপন বা অভিব্যাপন সূত্র আণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে প্রয়োগ করা যাইতে পারে। (৩) সময় সময় খনিতে মার্স গ্যাসের উপস্থিতি জনিত বিপদ-সঙ্কেতজ্ঞাপক যে বৈদ্যুতিক ঘণ্টা ব্যবহৃত হয় তাহাতে ব্যাপনক্রিয়ার প্রয়োগ করা হয়।

গাণিতিক উদাহরণ

(বয়েল ও চার্লস সূত্র সম্পর্কিত)

(১) নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় চাপের পরিবর্তন ঘটাইয়া কোন গ্যাসের আয়তন 600 c.c. হইতে 500 c.c. করা হইল। ঐ গ্যাসের প্রারম্ভিক চাপ 750 m.m. হইলে পরের চাপ কত?

বয়েলের সূত্রানুযায়ী $P_1V_1=P_2V_2$। এখানে
$P_1=750$ m.m., $V_1=600$ c.c., $P_2=?$ $V_2=500$ c.c.

$$\therefore\ 750\times600=P_2\times500 \text{ বা } P_2=\frac{750\times600}{500}=900 \text{ m.m.}$$

(২) নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় 250 c.c. অক্সিজেনের চাপ 700 m.m. হইতে বৃদ্ধি করিয়া 875 m.m. করা হইল। অক্সিজেনের পরিবর্তিত আয়তন কত?

বয়েলের সূত্রানুযায়ী $P_1V_1=P_2V_2$।
এখানে $P_1=700$ m.m., $V_1=250$ c.c., $P_2=875$ m.m., $V_2=?$

$$\therefore\ 700\times250=875\times V_2 \text{ বা } V_2=\frac{700\times250}{875}=200 \text{ c.c.}$$

(৩) একই চাপে 15°Cএ নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের আয়তন 360 মিলি-লিটার। কত তাপমাত্রায় ঐ পরিমাণ গ্যাসের আয়তন 480 মিলিলিটার হইবে?

চার্লস সূত্রের দ্বিতীয় আকার অনুসারে, $\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}$

এখানে $V_1=360$ ml. ; $V_2=480$ ml.
$T_1=273+15°=288°A$; $T_2=?$

$$\therefore\ \frac{360}{288}=\frac{480}{T_2} \text{ বা } T_2=384°A$$

সুতরাং নির্ণেয় তাপমাত্রা সেন্টিগ্রেড স্কেলে 384–273=111°C

(৪) 0°C উষ্ণতা এবং 760 m.m. চাপে অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেনের ঘনত্ব যথাক্রমে 16 এবং 14। চাপ অপরিবর্তিত থাকিলে কোন্ উষ্ণতায় অক্সিজেনের ঘনত্ব নাইট্রোজেনের ঘনত্বের সমান হইবে?

আমরা জানি চার্লস সূত্রের উপসূত্র $D_1T_1=D_2T_2$
এখানে $D_1=16$ $D_2=14$
$T_1=273°A$ $T_2=?$

$$\therefore\ 16\times273=14\times T_2 \text{ বা } T_2=\frac{16\times273}{14}=312°A \text{ বা } 39°C$$

(৫) 27°C উষ্ণতায় এবং 760 মিলিলিটার চাপে যে পরিমাণ গ্যাসের আয়তন 1000 ঘন সেন্টিমিটার হয়, 327°C উষ্ণতায় এবং 1520 মিলিমিটার চাপে ঐ পরিমাণ গ্যাসের আয়তন নির্ণয় কর।

বয়েল ও চার্লসের মিলিত সূত্রানুযায়ী আমরা জানি $\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$

প্রথম অবস্থায়—
$P_1=760$ mm., $V_1=1000$ c.c. ; $T_1=273+27=300°A$
পরিবর্তিত অবস্থায়—
$P_2=1520$ mm., $V_2=$গ্যাসের আয়তন$=?$ $T_2=273+327=600°A$

$$\therefore\ \frac{760\times1000}{300}=\frac{1520\times V_2}{600} \text{ অথবা } V_2=\frac{760\times1000\times600}{300\times1520}$$

বা $V_2=1000$ c.c.

(৬) এক গ্রাম-অণু অক্সিজেন গ্যাসের চাপ 760 mm. এবং আয়তন 22400ml. হইলে ঐ গ্যাসের তাপমাত্রা সেণ্টিগ্রেডে কত? (R=0·082 লিটার অ্যাটমসফিয়ার/প্রতি ডিগ্রী গ্রাম-অণু)

আমরা জানি, 1 গ্রাম-অণু কোন গ্যাসের সমীকরণ PV=RT। $\therefore T=\frac{PV}{R}$

এখানে P=760 mm.=1 অ্যাটমসফিয়ার; V=22400ml.=22·4 লিটার।

$$\therefore T=\frac{1\times 22{\cdot}4}{0{\cdot}082} \text{ বা } 273{\cdot}2^\circ A$$

273·2°=0°C (সঠিকভাবে 0°C=273·2°A)

(৭) 273°C তাপাঙ্কে 1·5 অ্যাটমসফিয়ার চাপে 6 গ্রাম হাইড্রোজেনের আয়তন নির্ণয় কর।

আমরা জানি PV=nRT এবং প্রশ্নানুসারে

P=1·5 অ্যাটমসফিয়ার, $n=\frac{g}{M}=\frac{\text{গ্রামে হাইড্রোজেনের ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের আণবিক গুরুত্ব}}=\frac{6}{2}=3$

R=0·082 লিটার অ্যাটমসফিয়ার, T=(273+273) বা 546°K

$$\therefore V\times 1{\cdot}5=\frac{6}{2}\times 0{\cdot}082\times 546$$

বা $V=\frac{6\times 0{\cdot}082\times 546}{2\times 1{\cdot}5}=89{\cdot}54$ লিটার, ∴ নির্ণেয় আয়তন=89·54 লিটার

(৮) 17°C উষ্ণতা এবং 770 মিমি. চাপে 2·096 লিটার নাইট্রাস অক্সাইডের ওজন 3·93 গ্রাম। প্রমাণ অবস্থায় 500 c.c. উক্ত গ্যাসের ওজন কত?

মনে করি, প্রমাণ অবস্থায় গ্যাসের আয়তন V_2, তাহা হইলে বয়েল ও চার্লসের সম্মিলিত সূত্র $\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$ প্রয়োগ করিলে,

এখানে, $P_1=770$ mm. $\quad P_2=760$
$V_1=2096$ c.c. $\quad V_2=?$
$T_1=(273+17)^\circ A \quad T_2=273$

$$\therefore \frac{770\times 2096}{290}=\frac{760\times V_2}{273} \text{ বা } V_2=\frac{770\times 2096\times 273}{290\times 760}$$
$$=1999{\cdot}1 \text{ c.c.}$$

∴ প্রথম অবস্থায় 1999·1 c.c. গ্যাসের ওজন=3·93 গ্রাম

$$\therefore 500 \text{ c.c. " "} =\frac{3{\cdot}93\times 500}{1999{\cdot}1}$$

বা 0·9829 গ্রাম

(৯) 27°C তাপাঙ্কে এবং 100 অ্যাটমসফিয়ার চাপে হাইড্রোজেন গ্যাসপূর্ণ চোঙ (cylinder) হইতে হাইড্রোজেন গ্যাস দ্বারা কয়েকটি সম-আয়তনের গোলাকার বেলুনকে প্রমাণ চাপ ও তাপাঙ্কে পূর্ণ করিতে হইবে। প্রতিটি বেলুনের ব্যাস 21 cm.। যদি

চোঙে 2·82 লিটার জল রাখা সম্ভব হয়, তাহা হইলে কতগুলি বেলুন হাইড্রোজেন গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করা যাইবে?

একটি বেলুনের আয়তন $=\frac{4}{3}\pi r^3\ cm^3=\frac{4}{3}\times\frac{22}{7}\times 10{\cdot}5^3\ cm^3\ [r=\frac{21}{2}]$
$=4852\ cm^3=4{\cdot}852$ লিটার

মনে করি প্রমাণ অবস্থায় গ্যাসের আয়তন V_1, তাহা হইলে বয়েল ও চার্লসের সম্মিলিত সূত্র $\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$ অনুযায়ী

$V_1=?$ $V_2=2{\cdot}82$ লিটার
$P_1=1$ অ্যাটমসফিয়ার $P_2=100$ অ্যাটমসফিয়ার
$T_1=273°A$ $T_2=(273+27)$ বা $300°A$

$\frac{V_1\times 1}{273}=\frac{2{\cdot}82\times 100}{300}$ বা $V_1=\frac{2{\cdot}82\times 100\times 273}{300}$ বা $256{\cdot}62$ লিটার

$\therefore$ নির্ণেয় বেলুনের সংখ্যা $=\frac{256{\cdot}62}{4{\cdot}852}=52$ (প্রায়)

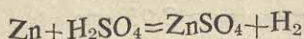
(১০) ব্রাস brass কপার ও জিঙ্কের ধাতু সংকর। 5·793 গ্রাম ব্রাসের একটি নমুনা অতিরিক্ত লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া 20°C তাপমাত্রা এবং 750 m.m. চাপে 324 ml. শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে। শতকরা মাত্রায় ধাতু সংকরে কপারের পরিমাণ নির্ণয় কর। $(Zn=65{\cdot}3)$

জিঙ্ক লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে কিন্তু কপার তড়িৎ রাসায়নিক বিভব শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের নিম্নে অবস্থিত বলিয়া লঘু অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন নির্গত করিতে অক্ষম।

মনে করি প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় হাইড্রোজেনের আয়তন V_1, তাহা হইলে বয়েল ও চার্লসের সম্মিলিত সূত্র $\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$ অনুযায়ী

$P_1=760$ m.m. $P_2=750$ m.m.
$V_1=?$ $V_2=324$ ml.
$T=273°A$ $T_2=(273+20)°A$ বা $293°A$

$$\therefore \frac{760\times V_1}{273}=\frac{750\times 324}{293}$$

$$\text{বা}\quad V_1=\frac{750\times 324\times 273}{760\times 293}\ ml=298{\cdot}0\ ml$$

$Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2$
65·3 22·4 লিটার

22400ml হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিতে প্রয়োজনীয় জিঙ্কের পরিমাণ 65·3 গ্রাম
$\therefore$ 298ml হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিতে প্রয়োজনীয় জিঙ্কের পরিমাণ

$$\frac{65{\cdot}3\times 298}{22400}\quad \text{বা}\quad 0{\cdot}8688\ \text{গ্রাম}$$

কিন্তু প্রদত্ত ব্রাসের ওজন $=5\cdot793$ গ্রাম

নির্ণীত জিঙ্কের " $=\cdot8688$ গ্রাম

$\therefore$ কপারের " $=4\cdot9242$ গ্রাম

$5\cdot793$ গ্রাম ব্রাসে $4\cdot9242$ গ্রাম কপার

$\therefore$ 100 " " $\frac{4\cdot9242\times100}{5\cdot793}$ বা $85\cdot002$ বা $85\cdot002$ গ্রাম কপার

$\therefore$ ব্রাসে উপস্থিত কপারের পরিমাণ $85\cdot002\%$

(১১) একটি যৌগে $37\cdot8\%$ কার্বন, $6\cdot3\%$ হাইড্রোজেন এবং $55\cdot9\%$ ক্লোরিন আছে। এই যৌগের 0·638g. কে বাষ্পীভূত করিলে প্রমাণ চাপে ও 100°C তাপমাত্রায় ইহার আয়তন হয় 154 ml. যৌগটির আণবিক সংকেত কি? ইহার সঠিক আণবিক গুরুত্ব কত? (Cl=35·5) [W.B.H.S. 1979]

প্রশ্নানুসারে,

ওজনের অনুপাতে $C : H : Cl=37\cdot8 : 6\cdot3 : 55\cdot9$

পরমাণু সংখ্যার অনুপাতে $C : H : Cl=\frac{37\cdot8}{12} : \frac{6\cdot3}{1} : \frac{55\cdot9}{35\cdot5}$

$=3\cdot15 : 6\cdot3 : 1\cdot575= 2 : 4 : 1$।

[1·575 দ্বারা ভাগ করিয়া]

$\therefore$ স্থূল সংকেত $=C_2H_4Cl$.

মনে করি প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন $=V_2$ তাহা হইলে,

$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$ অনুসারে

$$\frac{760\times154}{273+100}=\frac{760\times V_2}{273} \text{ বা } V_2=\frac{760\times154\times273}{760\times373}$$

$$=112\cdot7\text{ml.}$$

প্রমাণ অবস্থায় 112·7 ml. গ্যাসের ওজন $=0\cdot638$ গ্রাম

$\therefore$ প্রমাণ অবস্থায় 22400 ml. গ্যাসের ওজন $=126\cdot8$ গ্রাম $=$ গ্যাসের 1 গ্রাম—অণু

$\therefore$ যৌগটির আণবিক গুরুত্ব $=126\cdot8$

মনে করি যৌগটির আণবিক সংকেত $=(C_2H_4Cl)n$ [n=একটি পূর্ণ সংখ্যা]

$\therefore (C_2H_4Cl)n=126\cdot8$ $\therefore n(24+4+35\cdot5)=126\cdot8$

$\therefore n=2$ [নিকটতম পূর্ণ সংখ্যা]

$\therefore$ যৌগের আণবিক সংকেত $=C_4H_8Cl_2$

(অংশচাপ সূত্র সম্পর্কিত)

(১২) 760 মিলিমিটার চাপে তিন আয়তন অক্সিজেন ও দুই আয়তন ক্লোরিন মিশ্রিত আছে। প্রতিটি গ্যাসের অংশচাপ কত হইবে?

মনে করি p_{O_2} এবং p_{Cl_2} যথাক্রমে অক্সিজেন ও ক্লোরিনের অংশচাপ। তাহা হইলে গ্যাস-মিশ্রণের চাপ $=P=p_{O_2}+p_{Cl_2}=760$ mm.

অক্সিজেনের প্রাথমিক আয়তন $(v_0)=3$ এবং পরিবর্তিত আয়তন $(v)=5$

[$\because$ মিশ্রিত গ্যাসের মোট আয়তন=5]

তাহা হইলে বয়েলের সূত্রানুযায়ী

$$p_{O_2} \times v = 760 \times v_0 \quad \text{বা} \quad p_{O_2} = \frac{760 \times 3}{5} = 456 \text{ mm.}$$

$$\text{একইভাবে } p_{Cl_2} = \frac{760 \times 2}{5} = 304 \text{ mm.}$$

(১৩) 0°C তাপাঙ্ক ও 760 mm চাপে বায়ুমধ্যস্থিত অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের অংশচাপ নির্ণয় কর। বায়ুতে আয়তনের শতকরা 78 ভাগ নাইট্রোজেন ও 21 ভাগ অক্সিজেন বর্তমান।

মনে করি P_{O_2} এবং p_{N_2} যথাক্রমে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের অংশচাপ।

∴ গ্যাস মিশ্রণের চাপ $= P = p_{O_2} + p_{N_2} = 760$ mm. এখানে অক্সিজেনের প্রাথমিক 21 আয়তন মিশ্রণের পর 100 আয়তনে পরিবর্তিত হয় এবং নাইট্রোজেনের প্রাথমিক 78 আয়তন 100 আয়তনে পরিবর্তিত হয়।

$$\therefore \text{ বয়েলের সূত্রানুযায়ী } p_{O_2} = \frac{760 \times 21}{100} = 159 \cdot 60 \text{ mm.}$$

$$\text{এবং } p_{N_2} = \frac{760 \times 78}{100} = 592 \cdot 80 \text{ mm.}$$

(১৩ক) অপরিবর্তিত উষ্ণতায় 160 mm. চাপে অক্সিজেন পূর্ণ 100 ml. আয়তনের স্টপককযুক্ত একটি কাচের চোঙ (cylinder)-কে 200 mm. চাপে নাইট্রোজেনপূর্ণ 400 আয়তনের আর একটি স্টপককযুক্ত চোঙের সহিত যুক্ত করিয়া স্টপকক দুইটি খোলা হইল। গ্যাস-মিশ্রণের মোট চাপ কত হইবে?

মনে করি p_{O_2} এবং p_{N_2} যথাক্রমে অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেনের অংশচাপ। অক্সিজেনের প্রাথমিক আয়তন $= V_1 =$ অক্সিজেনপূর্ণ চোঙের আয়তন $= 100$ ml. এবং নাইট্রোজেনের প্রাথমিক আয়তন $= V_2 =$ নাইট্রোজেনপূর্ণ চোঙের আয়তন $= 400$ ml.

∴ উভয় গ্যাসের পরিবর্তিত আয়তন $= V_1 + V_2 = (100 + 400)$ ml. $= 500$ ml. তাহা হইলে বয়েলের সূত্রানুযায়ী,

$$p_{O_2} = \frac{160 \times 100}{500} = 32 \text{ mm. এবং } p_{N_2} = \frac{200 \times 400}{500} = 160 \text{ mm.}$$

$$\therefore \text{ P গ্যাস-মিশ্রণের চাপ} = P_{O_2} + p_{N_2} = (32 + 160) \text{ mm.} = 192 \text{ mm.}$$

(১৪) 17°C উষ্ণতায় এবং 750 mm. চাপে জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত 40 ml. হাইড্রোজেন গ্যাস একটি গ্যাসমাপক নলে সংগৃহীত হইল। যদি জলীয় বাষ্পের চাপ (f) 17°C উষ্ণতায় 14·4 mm. হয়, তবে 0°C উষ্ণতায় 760 mm. চাপে সংগৃহীত শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাসের আয়তন কত হইবে?

যেহেতু জলের উপর হাইড্রোজেন গ্যাস সংগ্রহ করা হইয়াছে সেই জন্য নলমধ্যস্থিত হাইড্রোজেন ও জলীয় বাষ্পের অংশচাপ দুইটির যোগফল বায়ুমণ্ডলীয় চাপের সমান অর্থাৎ আর্দ্র গ্যাসের চাপ = বায়ুমণ্ডলীয় চাপ = শুষ্ক হাইড্রোজেনের অংশচাপ + জলীয় বাষ্পের চাপ।

∴ শুষ্ক হাইড্রোজেনের গ্যাসের চাপ = বায়ুমণ্ডলীয় চাপ – জলীয় বাষ্পের চাপ,
$= (750 - f)$ mm. $= (750 - 14 \cdot 4)$mm. $= 735 \cdot 6$ mm.

P_1=শুষ্ক হাইড্রোজেনের প্রাথমিক চাপ=735·6 $P_2=760$ mm.
$V^1=40$ ml. $V_2=?$
$T_1=273+17=290°A$ $T_2=273°A$

সুতরাং বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্র $\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$ অনুযায়ী

$$\frac{735 \cdot 6\times 40}{290}=\frac{760\times V_2}{273} \text{ বা } V_2=\frac{735 \cdot 6\times 40\times 273}{290\times 760}=36 \cdot 45 \text{ ml.}$$

(১৫) A এবং B দুইটি গ্যাসমিশ্রণে 0·495 গ্রাম A এবং 0·182 গ্রাম B আছে, A এবং B এর আণবিক গুরুত্ব যথাক্রমে 66·0 এবং 45·5। মিশ্রণের মোট চাপ= 762 mm. A এবং B গ্যাস দুইটির অংশচাপ কত?

$$0 \cdot 495 \text{ গ্রাম } A=\frac{0 \cdot 495}{66 \cdot 0}=0 \cdot 0075 \text{ গ্রাম-অণু } A।$$

$$0 \cdot 182 \text{ গ্রাম } B=\frac{0 \cdot 182}{45 \cdot 5}=0 \cdot 0040 \text{ গ্রাম-অণু } B।$$

$$\text{তাহা হইলে, } p_A=\frac{0 \cdot 0075}{0 \cdot 0075+0 \cdot 0040}\times 762 \text{ mm.}=497 \text{ mm.}$$

$$\therefore \quad P_B=762-497=265 \text{ mm.}$$

(ব্যাপন-সূত্র সম্পর্কিত)

(১৬) 216 মিলিলিটার একটি গ্যাস 'A' একটি সূক্ষ্ম ছিদ্রপথ দিয়া অভিব্যাপিত হয় 18 মিনিটে। আবার 144 মিলিলিটার অন্য একটি গ্যাস 'B' (আণবিক গুরুত্ব 64) চাপ ও উষ্ণতার সম-অবস্থায় একই পাত্র হইতে অভিব্যাপিত হয় 24 মিনিটে। 'A' গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব কত?

মনে করি 'A' গ্যাসের অভিব্যাপন হার এবং আণবিক ওজন যথাক্রমে r_1 এবং M_1, 'B' গ্যাসের অভিব্যাপন হার এবং আণবিক গুরুত্ব যথাক্রমে r_2 এবং M_2.

আমরা জানি,

$$\text{অভিব্যাপন হার}=\frac{\text{গ্যাসের আয়তন (মিলিলিটার)}}{\text{সময় (সেকেণ্ড)}}$$

$$\text{এইক্ষেত্রে } r_1=\frac{216 \text{ ml.}}{18\times 60 \text{ সেকেণ্ড}}=0 \cdot 2 \text{ মিলিলিটার/সেকেণ্ড}$$

$$\text{এবং } r_2=\frac{144 \text{ ml.}}{24\times 60 \text{ সেকেণ্ড}}=0 \cdot 1 \text{ মিলিলিটার/সেকেণ্ড}$$

গ্রাহামের ব্যাপন সূত্রানুযায়ী,

$$\frac{r_1}{r_2}=\frac{\sqrt{M_2}}{\sqrt{M_1}} \qquad \text{বা, } \frac{0 \cdot 2}{0 \cdot 1}=\frac{\sqrt{64}}{\sqrt{M_1}}$$

$$\text{বা, } \sqrt{M_1}=\frac{0 \cdot 1}{0 \cdot 2}\times\sqrt{64}=4$$

$$\text{বা, } M_1=16.$$

(১৭) প্রমাণ অবস্থায় এক লিটার হাইড্রোজেন গ্যাসের ওজন 0·09 গ্রাম এবং এক লিটার অক্সিজেনের ওজন 1·44 গ্রাম (প্রায়)। ইহাদের মধ্যে কোন্ গ্যাসটি ব্যাপনকালে অধিকতর দ্রুতবেগে বাহির হইবে এবং অপরটি অপেক্ষা কত বেশী দ্রুততার সহিত?

প্রশ্নানুসারে প্রমাণ অবস্থায় 1 লিটার হাইড্রোজেন গ্যাসের ওজন 0·09 গ্রাম অর্থাৎ হাইড্রোজেনের ঘনত্ব$=d_H=0·09$ লিটার। একই ভাবে অক্সিজেনের ঘনত্ব$=d_O=1·44/$ লিটার।

∴ হাইড্রোজেনের ঘনত্ব অক্সিজেনের ঘনত্ব অপেক্ষা কম।

সুতরাং হাইড্রোজেন গ্যাস অক্সিজেন গ্যাস অপেক্ষা দ্রুতবেগে বাহির হইবে।

মনে করি r_H এবং r_o যথাক্রমে হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের ব্যাপন হার

$$\therefore \text{ সূত্রানুযায়ী } \frac{r_H}{r_O}=\sqrt{\frac{d_O}{d_H}} \text{ বা, } r_H=r_O\times\sqrt{\frac{d_O}{d_H}}$$

$$\text{বা, } r_H=r_O\times\sqrt{\frac{1·44}{0·09}}=r_O\times 4$$

∴ দেখা যায়, হাইড্রোজেনের ব্যাপন হার অক্সিজেনের ব্যাপন হারের চারগুণ।

(১৮) একই আয়তন পরিমাণ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাস একটি সছিদ্র প্রাচীরের মধ্য দিয়া বাহির হইতে যথাক্রমে 24 এবং 96 সেকেন্ড সময় নেয়। অক্সিজেনের আণবিক গুরুত্ব বাহির কর।

মনে করি হাইড্রোজেন বা অক্সিজেনের আয়তন ছিল V c.c.

$$\therefore \text{ হাইড্রোজেনের ব্যাপন হার}=\frac{V}{24}=\frac{k}{\sqrt{d_H}} \text{ (} d_H=\text{হাইড্রোজেনের ঘনত্ব)}$$

$$\text{এবং অক্সিজেনের ব্যাপন হার}=\frac{V}{96}=\frac{k}{\sqrt{d_O}} \text{ (} d_O=\text{অক্সিজেনের ঘনত্ব)}$$

$$\therefore \text{ সূত্রানুযায়ী, } \frac{96}{24}=\frac{\sqrt{d_O}}{\sqrt{d_H}} \text{ অর্থাৎ } \sqrt{d_O}=\frac{96}{24}\sqrt{d_H}=4\times1=4$$

∴ d_o=অক্সিজেনে ঘনত্ব (আপেক্ষিক)$=4^2=16$

∴ অক্সিজেনের আণবিক গুরুত্ব$=2\times16=32$

বিকল্প গণনায় আমরা জানি $\frac{t_2}{t_1}=\frac{\sqrt{M_2}}{\sqrt{M_1}}$ [t_1 এবং t_2 যথাক্রমে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ব্যাপনের সময়, M_1 এবং M_2 যথাক্রমে উহাদের আণবিক গুরুত্ব]

$$\therefore \frac{96}{24}=\frac{\sqrt{M_2}}{\sqrt{2}} \quad \therefore \sqrt{M_2}=4\sqrt{2}$$

বা M_2=অক্সিজেনের আণবিক গুরুত্ব$=16\times2=32$.

(১৯) দুইটি গ্যাস A এবং B, উহাদের মিশ্রণের ব্যাপন হারের অনুপাত 0·29 : 0·271 ; 'B'-এর আপেক্ষিক ঘনত্ব (H=1) 25 হইলে 'A'-এর আপেক্ষিক ঘনত্ব নির্ণয় কর।

মনে করি r_A এবং r_B যথাক্রমে A এবং B গ্যাসের ব্যাপন হার D_A এবং D_B যথাক্রমে ইহাদের আপেক্ষিক ঘনত্ব।

$$\text{প্রশ্নানুসারে, } \frac{r_A}{r_B}=\sqrt{\frac{D_B}{D_A}} \text{ বা, } r_A\times\sqrt{D_A}=r_B\times\sqrt{D_B}$$

$$\text{বা, } 0·29\times\sqrt{D_A}=0·271\times\sqrt{25} \text{ বা, } \sqrt{D_A}=\frac{·271\sqrt{25}}{·29}=\frac{·271\times5}{·29}$$

$$D_A=21·8$$

(২০) 16 c.c. হাইড্রোজেন 1 মিনিট 40 সেকেণ্ডে ব্যাপিত হয়। একই অবস্থায় কত আয়তন সালফার ডাই-অক্সাইড একই সময়ে ব্যাপিত হইবে?

মনে করি হাইড্রোজেনের ব্যাপন হার এবং আণবিক গুরুত্ব যথাক্রমে r_1 এবং M_1, সালফার ডাই-অক্সাইডের ব্যাপন হার এবং আণবিক গুরুত্ব r_2 এবং M_2। এইক্ষেত্রে,

$$r_1 = \frac{16 \text{ c.c.}}{100 \text{ সেকেণ্ড}} \text{ এবং } r_2 = \frac{V \text{ c.c.}}{100 \text{ সেকেণ্ড}}$$

$$M_1 = 2 \text{ এবং } M_2 = 64$$

$$\therefore \frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}} \text{ বা } \frac{16}{V} = \frac{\sqrt{64}}{\sqrt{2}}$$

$$\text{বা } \frac{16}{V} = \frac{8}{\sqrt{2}} \text{ বা } V = 2\sqrt{2} = 2{\cdot}83 \text{ c.c.}$$

(২১) হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাস মিশ্রণে হাইড্রোজেনের ব্যাপনের হার যদি 1 c.c./সেকেণ্ড হয়, তবে এক গ্রাম-অণু অক্সিজেনের ব্যাপন হইতে কত সময় প্রয়োজন হইবে? আয়তন প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় মাপা হইয়াছে।

মনে করি r_H এবং r_O যথাক্রমে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ব্যাপন হার এবং M_H এবং M_O যথাক্রমে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের আণবিক গুরুত্ব;

$$\text{তাহা হইলে সূত্রানুযায়ী } \frac{r_H}{r_O} = \sqrt{\frac{M_O}{M_H}}$$

$$\text{বা, } r_O = r_H\sqrt{\frac{M_H}{M_O}} = 1\sqrt{\frac{2}{32}} = \frac{1}{4} \text{ বা } 0{\cdot}25 \text{ c.c./সেকেণ্ড}$$

আমরা জানি প্রমাণ অবস্থায় এক গ্রাম-অণু অক্সিজেনের আয়তন 22·4 লিটার। সুতরাং 0·25 c.c. ব্যাপিত হইতে সময় লাগে 1 সেকেণ্ড

$$\therefore 22400 \text{ c.c.} \cdots \cdots \cdots \cdots \frac{22400}{0{\cdot}25 \times 60 \times 60} \text{ ঘণ্টা}$$

বা 24 ঘণ্টা 53 মিনিট 4 সেকেণ্ড।

রাসায়নিক সাম্য

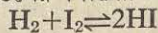
(Chemical Equilibrium)

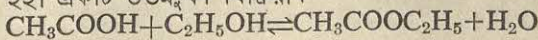
[*Syllabus* : Law of Mass Action. Dynamic Equilibrium and Equilibrium Constant. La Chatelier Principle and its application to some industrial reactions.]

উভমুখী বিক্রিয়া (Reversible reactions) : রাসায়নিক বিক্রিয়া মাত্রেরই একটি নির্দিষ্ট গতি আছে। কোন কোন বিক্রিয়া অতি দ্রুতগতি, আবার কোন কোন বিক্রিয়ার গতি মন্থর।

অনেক ক্ষেত্রে দেখা যায়, রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক হইতে উৎপন্ন পদার্থগুলি আবার নিজেদের মধ্যে বিক্রিয়া করিয়া বিক্রিয়ক পদার্থে পরিণত হইতে থাকে। মনে করি, A ও B দুইটি বিক্রিয়ক পারস্পরিক বিক্রিয়ায় C ও D দুইটি পদার্থ উৎপন্ন করে। আবার C ও D নিজেদের মধ্যে বিক্রিয়া দ্বারা পুনরায় কিছুটা আদি বিক্রিয়ক A ও B সৃষ্টি করে। এইরূপ বিক্রিয়াকে সমীকরণ আকারে লিখিতে '=' এর পরিবর্তে '⇌' চিহ্ন ব্যবহার করা হয়। যেমন, $A+B \rightleftharpoons C+D$.

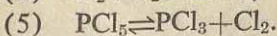
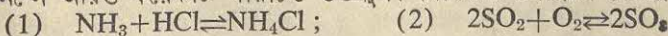
এই ধরনের বিক্রিয়াকে উভমুখী বিক্রিয়া আখ্যা দেওয়া হয়। প্রকৃতপক্ষে রসায়ন-শাস্ত্রের প্রায় সমস্ত বিক্রিয়াই উভমুখী। তবে সব বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে উভমুখিতা আমরা প্রত্যক্ষ করিতে পারি না, বরং অধিকাংশ ক্ষেত্রেই বিক্রিয়া একমুখী বা একদিকে সংঘটিত হইতে দেখি। ইহার কারণ, এই সকল ক্ষেত্রে একদিকের বিক্রিয়ার গতি অপর দিকের বিক্রিয়ার গতির তুলনায় এত কম বা বেশী হয় যাহাতে বিপরীত বিক্রিয়া নগণ্য হইয়া পড়ে। কিন্তু উভয় দিকের বিক্রিয়া যদি মোটামুটি গতিসম্পন্ন হয়, তাহা হইলে উভয় বিক্রিয়াই পরিষ্কারভাবে লক্ষ্য করা যাইবে। সাধারণভাবে এই সব বিক্রিয়াকেই উভমুখী বলা হয়। এই সকল বিক্রিয়ার প্রধান লক্ষণীয় বিষয় হইল বিক্রিয়ার উপাদানগুলির কোনটিই একেবারে নিঃশেষ হইবে না এবং বিক্রিয়াপাত্রে সব সময়ই বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থের একটি মিশ্রণ পাওয়া যাইবে। যেমন একটি আবদ্ধ পাত্রে হাইড্রোজেন ও আয়োডিন (বাষ্প) 450°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে কখনও হাইড্রোজেন এবং আয়োডিন সম্পূর্ণভাবে বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন আয়োডাইড উৎপন্ন করিবে না, পরন্তু ঐ সময় বিক্রিয়ালব্ধ হাইড্রোজেন আয়োডাইডও বিয়োজিত হইয়া কিছুটা উপাদান মৌল হাইড্রোজেন ও আয়োডিন সৃষ্টি করিবে। বিক্রিয়াপাত্রে কখনও কেবলমাত্র হাইড্রোজেন আয়োডাইড পাওয়া যাইবে না। সুতরাং হাইড্রোজেন ও আয়োডিনের বিক্রিয়া একটি উভমুখী বিক্রিয়া।

$$H_2+I_2 \rightleftharpoons 2HI$$

অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও ইথাইল অ্যালকোহলের বিক্রিয়ায় ইথাইল অ্যাসিটেট ও জল উৎপন্ন হওয়া সত্ত্বেও তরল মিশ্রণে অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও ইথাইল অ্যালকোহল থাকে, সুতরাং ইহা একটি উভমুখী বিক্রিয়া।

$$CH_3COOH+C_2H_5OH \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5+H_2O$$

নিম্নে আরও কয়েকটি পরিচিত উভমুখী বিক্রিয়ার উদাহরণ দেওয়া হইল।

(1) $NH_3+HCl \rightleftharpoons NH_4Cl$; (2) $2SO_2+O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$

(3) $N_2+O_2 \rightleftharpoons 2NO$; (4) $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$

(5) $PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3+Cl_2$.

বিক্রিয়ার গতির প্রকৃতির উপর নির্ভর করিয়া যে কোন উভমুখী বিক্রিয়াই একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কিছু সময় পরে এমন একটি অবস্থা প্রাপ্ত হয় যখন সময়

বাড়াইলেও বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থের পরিমাণের কোন পরিবর্তন হয় না। উভমুখী বিক্রিয়ার এই অবস্থাকে বলা হয় **রাসায়নিক সাম্যাবস্থা** (Chemical equilibrium)। এই সাম্যাবস্থা সম্পূর্ণভাবে তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল। সাম্যাবস্থার বৈশিষ্ট্য ও ইহার উপর চাপ, তাপমাত্রা ইত্যাদির প্রভাব এই অধ্যায়েই পরে আলোচনা করা হইয়াছে।

ভরক্রিয়া সূত্র (Law of Mass Action) : দেখা গিয়াছে, রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতি বা বিক্রিয়া-হার বিক্রিয়কের পরিমাণের উপর নির্ভর করে। সাধারণভাবে বিক্রিয়ার গতি বলিতে প্রতি একক সময়ে বিক্রিয়ক পদার্থের পরিমাণ হ্রাস বা প্রতি একক সময়ে বিক্রিয়াজাত পদার্থের পরিমাণকে বুঝায়। বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতিবেগ এবং বিক্রিয়কের পরিমাণ বা ভরের উপর উহার নির্ভরতা পরীক্ষা-নিরীক্ষা করিয়া বিজ্ঞানী গুল্ডবার্গ (Guldberg) এবং ভাঁজে (Waage) একটি সূত্র প্রকাশ করেন যাহা 'ভরক্রিয়া সূত্র' নামে খ্যাত। সূত্রটি নিম্নরূপ—

নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট মুহূর্তে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতিবেগ ঐ মুহূর্তে বিক্রিয়ক পদার্থ সমূহের প্রত্যেকটির 'সক্রিয় ভরের' সহিত সমানুপাতিক। অতএব বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণকারী পদার্থের সক্রিয় ভর বৃদ্ধি পাইলে বিক্রিয়া দ্রুতগতি, আর সক্রিয় ভর হ্রাস পাইলে বিক্রিয়া শ্লথগতি হয়। 'সক্রিয় ভর' অর্থে বিক্রিয়কের আণব গাঢ়ত্ব বা মোলার গাঢ়ত্ব বুঝায়। প্রতি লিটার আয়তনে কোন নির্দিষ্ট বিক্রিয়ক পদার্থের গ্রাম-অণুর যে ভগ্নাংশিক বা গুণিতক ওজন বর্তমান সেই সংখ্যাই ঐ বিক্রিয়কের মোলার বা আণব গাঢ়ত্ব (molar concentration)। সুতরাং অন্য কথায় ভরক্রিয়া সূত্রটি প্রকাশ করা যাইতে পারে। যেমন, **নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোন সময়ে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতিবেগ বিক্রিয়ক পদার্থসমূহের প্রত্যেকটির গাঢ়ত্বের সমানুপাতিক।**

মনে করি A এবং B দুইটি বিক্রিয়ক পদার্থ, পারস্পরিক বিক্রিয়ায় C এবং D দুইটি বিক্রিয়াজাত পদার্থ উৎপন্ন করিতেছে। আবার C এবং D অনুরূপ ভাবে বিক্রিয়া করিয়া আদি বিক্রিয়ক A এবং B পদার্থে রূপান্তরিত হইতেছে। তাহা হইলে এই উভমুখী বিক্রিয়া এইভাবে প্রকাশ করা হইবে, $A+B \rightleftharpoons C+D$।

সাধারণভাবে $A+B \rightarrow C+D$ বিক্রিয়াকে সম্মুখ বিক্রিয়া এবং $C+D \rightarrow A+B$ বিক্রিয়াকে বিপরীত বিক্রিয়া বলা হয়। এখন ভর ক্রিয়া সূত্রানুসারে,

সম্মুখ বিক্রিয়ার হার $r_{AB} \propto [A] \times [B]$

বা $r_{AB} = k_1[A] \times [B]$ (যেখানে k_1 সম্মুখ বিক্রিয়ার সমানুপাতিক ধ্রুবক)।

এবং বিপরীত বিক্রিয়ার হার $r_{CD} \propto [C] \times [D]$

বা $r_{CD} = k_2[C] \times [D]$ (k_2 বিপরীত বিক্রিয়ার সমানুপাতিক ধ্রুবক)।

[A], [B], [C], [D] ইত্যাদি A, B, C, D-এর আণব গাঢ়ত্ব নির্দেশ করে। আণব গাঢ়ত্ব C_A, C_B, C_C, C_D এইভাবেও ব্যক্ত করা হয়।

এখন A এবং B-এর বিক্রিয়ার সূচনায় C এবং D থাকিবে না। কিন্তু A এবং B-এর মধ্যে বিক্রিয়া হইতে থাকিলে সময়ের সঙ্গে সঙ্গে A ও B-এর পরিমাণ বা গাঢ়ত্ব ক্রমশঃ কমিতে থাকিবে এবং অপর পক্ষে সময়ের সঙ্গে C এবং D-এর পরিমাণ বা গাঢ়ত্ব বাড়িবে। যেহেতু ভর ক্রিয়া সূত্রানুযায়ী বিক্রিয়ার গতিবেগ প্রতিটি বিক্রিয়কের গাঢ়ত্বের উপর নির্ভরশীল, সুতরাং সময়ের সঙ্গে সম্মুখ বিক্রিয়ার গতিবেগ হ্রাস পাইতে থাকে আর বিপরীত বিক্রিয়ার গতিবেগ পক্ষান্তরে বৃদ্ধি পাইবে। এইভাবে এমন একটি সময় আসিবে যখন সম্মুখ ও বিপরীত বিক্রিয়া দুইটির গতিবেগ সমান হইবে। অর্থাৎ $r_{AB} = r_{CD}$। এই অবস্থায় সম্মুখ বিক্রিয়ার ফলে যে হারে C এবং D

উৎপন্ন হইবে, সমহারে C এবং D পারস্পরিক বিক্রিয়ায় A এবং B পদার্থে রূপান্তরিত হইবে। এই অবস্থায় বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থের পরিমাণ বা গাঢ়ত্ব অপরিবর্তিত থাকিবে। এই অবস্থাকে বলা হয় **রাসায়নিক সাম্যাবস্থা** (Chemical equilibrium)। আপাতদৃষ্টিতে মনে হইতে পারে যে সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়া বন্ধ হইয়া যায়, কিন্তু প্রকৃতপক্ষে তখন উভমুখী বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক পদার্থ যে হারে বিক্রিয়াজাত পদার্থ উৎপন্ন করে, ঠিক সেই হারে বিক্রিয়াজাত পদার্থ হইতে আদি বিক্রিয়ক উৎপন্ন হয়। সেইজন্য এই সাম্যাবস্থাকে বলা হয় **গতিশীল সাম্যাবস্থা** (dynamic equilibrium)। রাসায়নিক সাম্যাবস্থা তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে।

সাম্যাবস্থায় $r_{AB}=r_{CD}$

$$\therefore \quad k_1[A]\times[B]=k_2[C]\times[D]$$

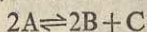
$$\text{অথবা,} \quad \frac{[C]\times[D]}{[A]\times[B]}=\frac{k_1}{k_2}=K$$

K-কে **সাম্যধ্রুবক** (equilibrium constant) বলে। ইহা সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির গাঢ়ত্বের গুণফল এবং বিক্রিয়ক পদার্থগুলির গাঢ়ত্বের গুণফলের অনুপাত। ইহাকে সম্মুখ ও বিপরীত বিক্রিয়া হারের অনুপাতও বলা যাইতে পারে। সাম্যধ্রুবকের মান বিক্রিয়াকালীন তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে। নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় যে কোন উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবকের মান সর্বদা সুনির্দিষ্ট। তাপমাত্রার পরিবর্তনে K-এর মান পরিবর্তিত হয়। বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবকের মানও বিভিন্ন হইবে।

দ্রষ্টব্য : (১) মনে রাখা দরকার [A], [B] ইত্যাদি প্রারম্ভিক গাঢ়ত্ব বুঝায় না। এই সকল সাম্যাবস্থায় পদার্থ সমূহের গাঢ়ত্ব প্রকাশ করে যাহা আণব গাঢ়ত্বের বা প্রতি লিটার আয়তনে গ্রাম-অণুর পরিমাণ হিসাবে ব্যক্ত করিতে হয়।

(২) উপর বর্ণিত বিক্রিয়া হইতে সম্মুখ বিক্রিয়ার হার $=rAB=k_1[A].[B]$। A এবং B উভয়েরই এক মোলার গাঢ়ত্ব হইলে $rAB=k_1$ অর্থাৎ বিক্রিয়ক দ্রব্যগুলির প্রত্যেকটি এক মোলার গাঢ়ত্বের হইলে বিক্রিয়া হার সমানুপাতিক ধ্রুবকের সমান হয়। এই সমানুপাতিক ধ্রুবককে এ অবস্থায় বিশিষ্ট বিক্রিয়া হার (specific reaction rate) বলা হয়।

এইরূপ বিক্রিয়াতে যদি বিক্রিয়াকারী পদার্থের একাধিক অণু অংশ গ্রহণ করে, তাহা হইলেও একই ভাবে সাম্যধ্রুবকের মান নিরূপণ করা যায়। যেমন,

$$2A \rightleftharpoons 2B+C$$

এই বিক্রিয়ায় $r_A=k_1\,[A]\times[A]$ বা $k_1\,[A]^2$

এবং $r_B=k_2[B]\times[B]\times[C]=k_2[B]^2\times[C]$

সাম্যাবস্থায়, $\dfrac{[B]^2\times[C]}{[A]^2}=\dfrac{k_1}{k_2}=K=$ সাম্যধ্রুবক।

অতএব $aA+bB+\cdots \rightleftharpoons gG+hH+\cdots\cdots$

সাধারণ বিক্রিয়া ক্ষেত্রে $K=\dfrac{[G]^g\times[H]^h\times\cdots\cdots}{[A]^a\times[B]^b\times\cdots\cdots}$

এখানে রাসায়নিক সমীকরণে প্রতি পদার্থের অণু-সংখ্যা যত উহার গাঢ়ত্বকে তত ঘাতে (power) পরিণত করিয়া K-এর মূল্য জানিতে হইবে।

রাসায়নিক সাম্যের বৈশিষ্ট্য : (ক) স্থায়িত্ব—কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন বিক্রিয়ার সাম্য একবার প্রতিষ্ঠিত হইলে সাম্যাবস্থার কোন পরিবর্তন হয় না অর্থাৎ উহা স্থায়ী হয়। এই অবস্থায় উপাদানগুলির গাঢ়ত্ব অপরিবর্তিত থাকে। উষ্ণতার পরিবর্তনেই শুধু ইহার ব্যতিক্রম হইতে পারে। (খ) উভয়দিক হইতে সাম্যের

প্রতিষ্ঠা : $A+B \rightleftharpoons C+D$ এই উভমুখী বিক্রিয়ায় নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় A এবং B বিক্রিয়ক হইতে সুরু করিয়া সাম্যাবস্থায় উপাদানগুলির যে পরিমাণ বা গাঢ়ত্ব হইবে, যদি ঐ তাপমাত্রায় C এবং D হইতে সুরু করা যায়, তাহা হইলেও একই সাম্যাবস্থায় উপনীত হওয়া যাইবে। সুতরাং সাম্য উভয় বিক্রিয়ার উপর নির্ভর করে এবং উভমুখী বিক্রিয়ায় উভয় দিক হইতে সাম্য প্রতিষ্ঠা হয়। (গ) বিক্রিয়ার অসম্পূর্ণতা : বিক্রিয়ার অসম্পূর্ণতা রাসায়নিক সাম্যের অপর একটি বৈশিষ্ট্য। মনে করি, $A+B \rightleftharpoons C+D$ একটি উভমুখী বিক্রিয়া। এখন সম্মুখ বিক্রিয়ায় A এবং B বিক্রিয়া করিয়া C এবং D উৎপন্ন করিবে, কিন্তু অপর পক্ষে C এবং D পারস্পরিক বিক্রিয়ায়, পরিমাণে যত অল্পই হউক না কেন, কিছুটা A এবং B পুনরায় উৎপন্ন হইবেই। ফলে A এবং B সম্পূর্ণ ভাবে নিঃশেষ হইবে না অর্থাৎ উভমুখী বিক্রিয়া কোন দিক দিয়াই সম্পূর্ণ হয় না। বিক্রিয়াপাত্রে সব সময়ই বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের একটি মিশ্রণ পাওয়া যাইবে। প্রসঙ্গতঃ যদি $K=\frac{[C] \times [D]}{[A] \times [B]}$ বিবেচনা করি এবং যদি কোন একটি উপাদান লোপ পাইয়াছে মনে করা হয় তাহা হইলে K-এর মান শূন্য (0) বা অসীম (infinity) হইবে এবং সেইক্ষেত্রে সাম্য অর্থহীন হইয়া পড়ে।

অধিকন্তু, কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় পৌঁছাইতে অল্পাধিক সময়ের প্রয়োজন হয়। যদি উভমুখী ক্রিয়া দুইটি দ্রুতগতিসম্পন্ন হয়, তাহা হইলে অল্প সময়ে সাম্যাবস্থায় আসে ; কিন্তু মন্দগতি বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে সাম্যাবস্থায় পৌঁছানো বেশ সময় সাপেক্ষ।

সাম্যধ্রুবকের বিভিন্ন রূপ K_c এবং K_p : সাধারণভাবে কোন বিক্রিয়ার সাম্য-ধ্রুবক K দ্বারা নির্দেশিত হয়। তবে মোলার বা আণব গাঢ়ত্বের নির্ণীত সাম্যধ্রুবকের চিহ্ন K-এর পরিবর্তে K_c ধরা হয় অর্থাৎ $A+B \rightleftharpoons C+D$ বিক্রিয়ার $K_c=\frac{[C]\times[D]}{[A]\times[B]}$ ([A], [B] ইত্যাদি সাম্য গাঢ়ত্ব)। সর্বক্ষেত্রেই এই সমীকরণ প্রযোজ্য।

গ্যাসীয় বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থার উপাদানগুলিকে উহাদের গাঢ়ত্বের পরিবর্তে উহাদের অংশ চাপ হিসাবে প্রকাশ করা যায়। কেননা গ্যাসীয় পদার্থের গাঢ়ত্ব উহার অংশ চাপের সমানুপাতিক। এবং সেই ক্ষেত্রে সাম্যধ্রুবক K_p চিহ্ন দ্বারা প্রকাশিত হয়। সুতরাং উপরের বিক্রিয়ায় p_A, p_B, p_C, p_D যথাক্রমে A, B, C এবং D-এর অংশ চাপ হইলে $K_p=\frac{p_C \times p_D}{p_A \times p_B}$

K_p এবং K_c-এর সম্পর্ক সহজেই নির্ণীত হইতে পারে। অষ্টম অধ্যায়ে আলোচিত $PV=nRT$ সমীকরণ হইতে $P=\frac{n}{V}RT=CRT$ [C = গাঢ়ত্ব]

স্থতরাং এই হিসাবে $p_A=[A]RT$, $p_B=[B]RT$ ইত্যাদি। স্থতরাং

$aA+bB+\cdots \rightleftharpoons gG+hH+\cdots$ এই সাধারণ বিক্রিয়ার

$$K_p=\frac{p_G^g \times p_H \times \cdots}{p_A^a \times p_B^b \times \cdots}=\frac{[G]^g \times [H]^h \times \cdots}{[A]^a \times [B]^b \times \cdots} (RT)^{(g+h+\cdots)-(a+b+\cdots)}$$

$$K_p=K_c\,(RT)^{\Delta n}$$

যেখানে $\Delta n=(g+h+\cdots)-(a+b+\cdots)$ = বিক্রিয়াজাত পদার্থের অণুসংখ্যা —বিক্রিয়ক পদার্থের অণুসংখ্যা। ∴ যদি বিক্রিয়াজাত পদার্থ ও বিক্রিয়কের অণুসংখ্যা সমান হয়, তবে $\Delta n=0$। অতএব $K_p=K_C$। অপর ক্ষেত্রে $K_p \neq K_C$।

∴ $N_2+3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ বিক্রিয়ায় $\Delta n=-2$; $PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3+Cl_2$ বিক্রিয়ায় $\Delta n=+1$, $H_2+I_2 \rightleftharpoons 2HI$ বিক্রিয়ায় $\Delta n=0$। গ্যাসীয় বিক্রিয়াতে উপাদানগুলিকে উহাদের গ্রাম-অণু ভগ্নাংশেও প্রকাশ করা যাইতে পারে। আমরা জানি গ্যাসের অংশ চাপ = গ্যাসের গ্রাম-অণু ভগ্নাংশ × মোট চাপ।

∴ $p_A=x_AP$, $p_B=x_BP$ ইত্যাদি যেখানে x_A, x_B···যথাক্রমে A এবং B এর গ্রাম-অণু ভগ্নাংশ এবং মোট চাপ = P।

লা স্যাটেলিয়ারের নীতি (Le Chatelier's Principle) : রাসায়নিক সাম্যাবস্থা চাপ, তাপমাত্রা, বিক্রিয়কের গাঢ়ত্ব প্রভৃতি কতকগুলি শর্ত বা কারণের উপর নির্ভরশীল। সাম্যাবস্থায় এই সকল শর্তের কোন একটির পরিবর্তন করা হইলে বা কোন উপাদান, এমন কি বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে না এমন কোন প্রশম পদার্থ যোগ করা হইলে রাসায়নিক সাম্যাবস্থায় তাহার প্রতিক্রিয়া কি হইবে তাহা একটি সাধারণ নীতি হইতে জানা যায়। এই নীতিই লা স্যাটেলিয়ারের নীতি নামে খ্যাত। লা স্যাটেলিয়ারের নীতিটি নিম্নরূপ :

যখন কোন সিস্টেম সাম্যাবস্থায় থাকে, তখন যদি সাম্যাবস্থার শর্তের কোন একটির পরিবর্তন করা হয়, তাহা হইলে সিস্টেমটি এমন ভাবে নিজে পরিবর্তিত হয় যাহাতে এই পরিবর্তনজনিত ফল প্রশমিত করা যায়। অন্যকথায়, রাসায়নিক সাম্যাবস্থার কোন সিস্টেমের চাপ, তাপমাত্রা, উপাদানের গাঢ়ত্ব প্রভৃতি কোন শর্তের পরিবর্তনের ফলাফল সিস্টেমটি প্রতিরোধ করিতে প্রয়াসী হয়। এই নীতিকে লা স্যাটেলিয়ার ও ফন্ ব্রুইন নীতিও (Le Chatelier and Von Bruin Principle) বলা হয়।

(ক) **গ্যাসীয় বিক্রিয়ার উপর চাপ বৃদ্ধির ফল** : যখন কোন গ্যাস সাম্যাবস্থায় থাকে, তখন উহার একটি নির্দিষ্ট চাপ থাকে। এখন যদি সাম্যের চাপ বাড়ানো হয়, তাহা হইলে সিস্টেমটি এমন ভাবে পরিবর্তিত হইবে যাহাতে উহা বর্ধিত চাপের প্রভাব হইতে মুক্ত থাকে। স্বভাবতই চাপ বৃদ্ধি প্রতিহত করার একমাত্র উপায় আয়তন কমানো। এই কারণে চাপ বৃদ্ধিতে গ্যাসটি আয়তন সংকোচনের প্রবণতা দেখায় অর্থাৎ চাপ বৃদ্ধি করিলে বিক্রিয়া যে দিকে আয়তন কম, পক্ষান্তরে অণুসংখ্যা কম, সেই দিকেই সংঘটিত হয়। মনে রাখা দরকার, অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প মতে আয়তন অণু সংখ্যার সহিত সমানুপাতিক।

এই প্রসঙ্গে নিম্নে কয়েকটি বিক্রিয়ার উপর চাপ প্রয়োগের ফল দেখানো হইল :

(১) $N_2+3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ [অণুসংখ্যা কমিয়া যাওয়ায়, আয়তন হ্রাস পায়, ফলে চাপ প্রয়োগে অধিক অ্যামোনিয়া পাওয়া যায়।]

(২) $N_2+O_2 \rightleftharpoons 2NO$ [অণুসংখ্যার পরিবর্তন হয় না, আয়তন অপরিবর্তিত, ফলে সাম্যের উপর চাপের প্রভাব থাকিবে না]

(৩) $H_2+I_2 \rightleftharpoons 2HI$ [,,]

(৪) $PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3+Cl_2$ [চাপ বৃদ্ধিতে বিয়োজন হ্রাস পাইবে]

(খ) **তাপমাত্রা পরিবর্তনের ফল** : সাম্যাবস্থায় কোন সিস্টেমের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিলে লা স্যাটেলিয়ারের নীতি অনুযায়ী সিস্টেমটি তাপমাত্রা বৃদ্ধি প্রশমিত করিতে প্রয়াসী হইবে। ফলে বিক্রিয়া যেদিকে গেলে তাপ শোষণ হয় সেই দিকে বিক্রিয়া হইতে থাকিবে। সুতরাং তাপগ্রাহী বিক্রিয়া হইলে উৎপন্ন পদার্থের পরিমাণ

বৃদ্ধি পাইবে। তাপ উৎপাদক বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফল ঠিক বিপরীত হইবে। উদাহরণ স্বরূপ বলা যায়—

(১) $N_2+3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3+11{\cdot}8$ কিলোক্যালোরি (২) $2SO_2+O_2 \rightleftharpoons 2SO_3 +45{\cdot}0$ কিলোক্যালোরি। উপরের বিক্রিয়া দুইটিতে তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে অ্যামোনিয়া বা সালফার ট্রাই-অক্সাইডের পরিমাণ হ্রাস পাইবে। আবার (৩) $N_2+O_2 \rightleftharpoons 2NO- 44{\cdot}0$ কিলোক্যালোরি। এই বিক্রিয়ায় তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে নাইট্রিক অক্সাইডের উৎপাদন বৃদ্ধি পাইবে।

এই সকল বিক্রিয়া সম্পর্কে পরে আরও বিস্তারিত আলোচনা করা হইয়াছে।

(গ) **বিক্রিয়ার কোন উপাদান যোগের বা বিক্রিয়ক গাঢ়ত্বের পরিবর্তনের ফল :** কোন সিস্টেমের সাম্যাবস্থায় যদি বিক্রিয়ার কোন একটি উপাদান যোগ করা হয়, তাহা হইলে সিস্টেমটি ইহা এমন ভাবে গ্রহণ করিবে যাহাতে সাম্য গাঢ়ত্বের পরিবর্তন হেতু সাম্যবিন্দুর পরিবর্তন ঘটাইয়া সাম্য ধ্রুবকের মান অব্যাহত থাকে।

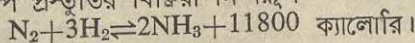
মনে করি, $PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3+Cl_2 \quad \therefore \quad K_p=\dfrac{p_{PCl_3} \times p_{Cl_2}}{p_{PCl_5}}$

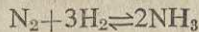
এই বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় যদি বাহির হইতে কিছুটা ক্লোরিন যোগ করা হয় তাহা হইলে ক্লোরিনের অংশ চাপ বাড়িবে। এই বৃদ্ধি প্রশমিত করিলে উহা খানিকটা PCl_5 উৎপন্ন করিবে যাহাতে K_p-এর মান অপরিবর্তিত থাকে।

(ঘ) **নিষ্ক্রিয় পদার্থ যোগের ফল :** বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী কোন পদার্থের সহিত ক্রিয়াহীন এমন কোন প্রশম পদার্থ একটি সাম্যাবস্থায় সিস্টেমে যোগ করা হইলে ইহা কখনও রাসায়নিক সাম্য প্রভাবিত করে, আবার কখনও করে না। গ্যাসীয় বিক্রিয়া সাধারণতঃ স্থির চাপ ও স্থির আয়তন এই দুই অবস্থায় হইতে পারে। PCl_5 এর বিয়োজনে যদি চাপ নির্দিষ্ট রাখিয়া ইহাতে কিছু প্রশম নাইট্রোজেন গ্যাস প্রবেশ করানো হয়, তবে মোট চাপ স্থির থাকিলেও বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থ-গুলির অংশ চাপ হ্রাস পায়, ফলে সাম্য প্রভাবিত হইবে। আবার যদি আয়তন নির্দিষ্ট রাখিয়া কিছুটা নাইট্রোজেন প্রবেশ করানো হয় তাহা হইলে মোট চাপ বৃদ্ধি পাইবে, কিন্তু উপাদানগুলির অংশ চাপের পরিবর্তন হইবে না। সুতরাং K_p অপরিবর্তিত থাকিবে।

শিল্পোৎপাদন পদ্ধতিতে লা স্যাটেলিয়ার নীতির প্রয়োগ :

(১) **অ্যামোনিয়ার শিল্প প্রস্তুতি :** হেবারের সাংশ্লেষিক পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়ার শিল্প প্রস্তুতির বিক্রিয়া নিম্নরূপ :

$$N_2+3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3+11800 \text{ ক্যালোরি।}$$

ইহা একটি তাপ-উৎপাদক উভমুখী বিক্রিয়া। অতএব লা স্যাটেলিয়ারের নীতি অনুসারে অধিক তাপমাত্রায় অ্যামোনিয়ার উৎপাদন হ্রাস এবং কম তাপমাত্রায় অ্যামোনিয়ার উৎপাদন বৃদ্ধি পাইবে। কিন্তু কম তাপমাত্রায় বিক্রিয়ার গতি এত মন্থর থাকে যে উৎপাদন বৃদ্ধি সত্ত্বেও শিল্প প্রস্তুতিতে ইহা সার্থক হইতে পারে না। সেইজন্য এমন এক উচ্চ তাপমাত্রা নির্বাচিত করা হয় যাহাতে বিক্রিয়ার গতি বাড়ে এবং উৎপাদন মোটামুটি ভাল হয়। এই নির্বাচিত তাপমাত্রাকে বলা হয় সর্বোত্তম তাপমাত্রা (optimum temperature)। আবার আমরা জানি উপযুক্ত প্রভাবক বিক্রিয়ার গতি বিশেষভাবে প্রভাবিত করে। কিন্তু উহা উভমুখী ক্রিয়ার সম্মুখ ও বিপরীত দুইটি ক্রিয়াকেই সমভাবে প্রভাবিত করে বলিয়া রাসায়নিক সাম্যাবস্থার পরিবর্তন ঘটায় না। দেখা গিয়াছে এই বিক্রিয়ায় প্রভাবক আয়রন চূর্ণ ও উদ্দীপক মলিবডেনাম ব্যবহার করিলে সর্বোত্তম তাপমাত্রা 550°C।

সমীকরণ হইতে দেখা যায় এই বিক্রিয়ায় অণুর সংখ্যা কমিয়া যায় অর্থাৎ আয়তনের সঙ্কোচন হয়। সুতরাং লা স্যাটেলিয়ারের নীতি অনুসারে উচ্চ চাপে অ্যামোনিয়ার উৎপাদন বৃদ্ধি পায়। প্রকৃতপক্ষে হেবার পদ্ধতিতে 200 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ দেওয়া হয়। চাপ বৃদ্ধিতে যে অ্যামোনিয়ার পরিমাণ বাড়ে তাহা গাণিতিক ভাবেও প্রমাণ করা যায়।

	$N_2+3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$
প্রারম্ভিক গ্রাম-অণু পরিমাণ	1 3 0
সাম্যাবস্থায় গ্রাম-অণু পরিমাণ	$1-\alpha$ $3-3\alpha$ 2α

মনে করি সিস্টেমে 1 গ্রাম-অণু নাইট্রোজেন ও 3 গ্রাম অণু হাইড্রোজেন লইয়া বিক্রিয়া সুরু করা হইল এবং সাম্যাবস্থায় প্রতি গ্রাম-অণু নাইট্রোজেনের α ভগ্নাংশ অ্যামোনিয়া তৈরী করে। তাহা হইলে সাম্যাবস্থায় 2α গ্রাম-অণু অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। সাম্যাবস্থায় সিস্টেমে উপস্থিত নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন এবং অ্যামোনিয়ার গ্রাম-অণু সংখ্যা যথাক্রমে $(1-\alpha), (3-3\alpha)$ এবং 2α এবং মোট গ্রাম-অণু সংখ্যা $4-2\alpha$। এখন মোট চাপ P হইলে এবং নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন এবং অ্যামোনিয়ার অংশ চাপ যথাক্রমে p_{N_2}, p_{H_2}, p_{NH_3}, হইলে,

$$p_{N_2}=\frac{1-\alpha}{4-2\alpha}P\ ;\ p_{H_2}=\frac{3-3\alpha}{4-2\alpha}P\ ;\ p_{NH_3}=\frac{2\alpha}{4-2\alpha}P\ ।$$

$$\therefore\ K_P=\frac{p^2_{NH_3}}{p_{N_2}\times p^3_{H_2}}=\frac{\left[\frac{2\alpha}{4-2\alpha}P\right]^2}{\left[\frac{1-\alpha}{4-2\alpha}P\right]\left[\frac{3-3\alpha}{4-2\alpha}P\right]^3}=\frac{4\alpha^2(4-2\alpha)^2}{27(1-\alpha)^4P^2}$$

উপরের সমীকরণ হইতে ইহা স্পষ্ট যে P বৃদ্ধি করিলে সাম্য বজায় রাখার জন্য অ্যামোনিয়ার উৎপাদন বৃদ্ধি পাইবে।

মনে রাখা দরকার, প্রকৃতপক্ষে উচ্চ চাপে ও উচ্চ তাপমাত্রায় বিক্রিয়া সংঘটিত করিয়া অ্যামোনিয়া বিক্রিয়াপাত্র হইতে তাড়াতাড়ি সরাইয়া নেওয়া হয়। ইহাতে স্বাভাবিক ভাবেই সাম্য বজায় রাখার জন্য বিক্রিয়কগুলি আরও বিক্রিয়া করিয়া অ্যামোনিয়ার পরিমাণ বাড়াইবে।

(২) **সালফার ট্রাই-অক্সাইড প্রস্তুতি** : সালফার ডাই-অক্সাইডকে অক্সিজেন দ্বারা জারিত করিয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। সংস্পর্শ পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদনের ইহাই মূল বিক্রিয়া।

$2SO_2+O_2 \rightleftharpoons 2SO_3+45\cdot2$ কিলো ক্যালোরি। ইহা একটি তাপমোচী উভমুখী বিক্রিয়া। সুতরাং লা স্যাটেলিয়ারের নীতি অনুসারে তাপমাত্রা কমানো হইলে সালফার ট্রাই-অক্সাইডের উৎপাদন বাড়ে। কিন্তু কম তাপমাত্রায় বিক্রিয়া এত মন্দগতি যে উৎপাদন বৃদ্ধি সত্ত্বেও শিল্প প্রস্তুতিতে উহার কোন গুরুত্ব থাকে না। ফলে এই বিক্রিয়া সূক্ষ্ম প্লাটিনাম চূর্ণ প্রভাবকের উপস্থিতিতে সর্বোত্তম তাপমাত্রা 450°C-তে ঘটানো হয় এবং উৎপত্তি মাত্র সিস্টেম হইতে সালফার ট্রাই-অক্সাইড অপসারণের ব্যবস্থা করা হয়। ইহার কারণ সিস্টেম হইতে SO_3 সরাইয়া লইলে সাম্য বজায় রাখিতে বিক্রিয়কগুলির মধ্যে আরও বিক্রিয়া হইয়া SO_3 উৎপন্ন হইবে।

অধিকন্তু এই বিক্রিয়ায় আয়তনের হ্রাস হয় অর্থাৎ অণু-সংখ্যা কমিয়া যায়। ফলে উচ্চ চাপ প্রয়োগ করিলে সালফার ট্রাই-অক্সাইডের উৎপত্তি ভাল হইবে।

এই বিক্রিয়ায় $K_p = \frac{p^2_{SO_3}}{p^2_{SO_2} \times p_{O_2}}$ । K_p নির্ণয় করিলেও এই সত্য প্রমাণ করা যাইবে। কিন্তু সাধারণভাবে অনুঘটকের উপস্থিতিতে এবং স্থিরীকৃত তাপ-মাত্রায় এই বিক্রিয়ার গতি এমনিতে এত বৃদ্ধি পায় যে চাপ বৃদ্ধি দ্বারা উৎপাদন বাড়ানোর প্রয়োজন হয় না ; সেজন্য সাধারণ চাপই ব্যবহার করা হয়।

(৩) **নাইট্রিক অক্সাইড প্রস্তুতি** : বাতাসের অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের সংযুক্তি দ্বারা নাইট্রিক অক্সাইড প্রস্তুত করা যায়। ইহা বার্কল্যান্ড আইড পদ্ধতিতে নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদনের মূল বিক্রিয়া।

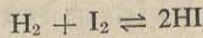
$N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO - 44{\cdot}0$ কিলো ক্যালোরি। ইহা একটি তাপগ্রাহী উভমুখী বিক্রিয়া। সমীকরণ হইতে স্পষ্ট যে বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত দ্রব্যের অণু-সংখ্যা অপরিবর্তিত থাকে। সুতরাং লা স্যাটেলিয়ারের নীতি অনুসারে বিক্রিয়া সাম্যের উপর চাপের প্রভাব পরিলক্ষিত হয় না।

বিক্রিয়াটি তাপগ্রাহী হওয়ায় লা স্যাটেলিয়ারের নীতি অনুযায়ী উচ্চ তাপমাত্রায় উৎপন্ন পদার্থ নাইট্রিক অক্সাইডের উৎপাদন বাড়ে। বাস্তব ক্ষেত্রে ইলেকট্রিক আর্ক সাহায্যে সৃষ্ট প্রায় 3000°C তাপমাত্রায় বিক্রিয়াটি সংঘটিত করা হয়।

নাইট্রিক অক্সাইড উৎপত্তির সঙ্গে সঙ্গেই যদি উহাকে শীতল করা হয়, তাহা হইলে ইহার উৎপাদন মাত্রা আরও বৃদ্ধি পায়। কারণ এক্ষেত্রে সম্মুখ বিক্রিয়া অপরি-বর্তিত গতিতে ঘটিবে কিন্তু বিপরীত বিক্রিয়ার গতি অনেক হ্রাস পাইবে। সেইজন্য নাইট্রিক অক্সাইড উৎপত্তি হওয়ার পরই দ্রুত শীতল করার ব্যবস্থা করা হয়।

নিম্নে কয়েকটি উভমুখী বিক্রিয়া বিস্তারিতভাবে আলোচনা করা হইল।

যে সকল বিক্রিয়ায় অণু-সংখ্যার পরিবর্তন হয় না :

(ক) **হাইড্রোজেন আয়োডাইড প্রস্তুতি** : হাইড্রোজেন ও আয়োডিন (গ্যাসীয়) মিলনে হাইড্রোজেন আয়োডাইড প্রস্তুতির বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক ও উৎপন্ন দ্রব্যের অণু সংখ্যা সমান থাকে।

	H_2 +	I_2 ⇌	2HI
প্রারম্ভিক গ্রাম-অণু পরিমাণ	a	b	o
সাম্যাবস্থায় গ্রাম-অণু পরিমাণ	a—x	b—x	2x

মনে করি, বিক্রিয়ার সুরুতে a গ্রাম-অণু হাইড্রোজেন এবং b গ্রাম-অণু আয়ো-ডিন মিশ্রিত করা হইল এবং সাম্যাবস্থায় x গ্রাম-অণু হাইড্রোজেন বিক্রিয়া করিল। তাহা হইলে সাম্যাবস্থায় 2x গ্রাম-অণু হাইড্রোজেন আয়োডাইড উৎপন্ন হয়। সাম্যা-বস্থায় সিস্টেমে উপস্থিত হাইড্রোজেন, গ্যাসীয় আয়োডিন এবং হাইড্রোজেন আয়ো-ডাইডের পরিমাণ যথাক্রমে (a—x), (b—x) এবং 2x এবং মোট গ্রাম-অণু a+b। এখন মোট চাপ P হইলে এবং বিক্রিয়া-পাত্রের আয়তন v হইলে সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়ার অংশগ্রহণকারী বিভিন্ন পদার্থের আণব গাঢ়ত্ব ও অংশচাপ নিম্নরূপ :

উপাদান	আণব গাঢ়ত্ব	অংশচাপ
H_2	$\frac{a-x}{v}$	$\frac{a-x}{a+b}P = p_{H_2}$
I_2	$\frac{b-x}{v}$	$\frac{b-x}{a+b}P = p_{I_2}$
HI	$\frac{2x}{v}$	$\frac{2x}{a+b}P = p_{HI}$

এখন সাম্যধ্রুবক K_C এবং K_p এর মান

$$K_C=\frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}=\frac{\left(\frac{2x}{v}\right)}{\left(\frac{a-x}{v}\right)\left(\frac{b-x}{v}\right)}=\frac{4x^2}{(a-x)(b-x)}$$ এবং

$$K_p=\frac{p^2_{HI}}{p_{H_2}\times p_{I_2}}=\frac{\left(\frac{2x}{a+b}P\right)^2}{\left(\frac{a-x}{a+b}P\right)\left(\frac{b-x}{a+b}P\right)}=\frac{4x^2}{(a-x)(b-x)}$$

এখানে K_c এবং K_P এর মান একই। উপরের সাম্যধ্রুবক সমীকরণে চাপ বা আয়তন অনুপস্থিত অর্থাৎ সাম্যধ্রুবক আয়তন বা চাপের উপর নির্ভরশীল নহে। আয়তন বা চাপ যাহাই হউক না কেন, স্থির তাপমাত্রায় সাম্যাবস্থায় একই পরিমাণ হাইড্রোজেন আয়োডাইড পাওয়া যাইবে। এখন যদি প্রারম্ভে সমসংখ্যক গ্রাম-অণু হাইড্রোজেন ও আয়োডিন (=a) নেওয়া হয়, তাহা হইলে—

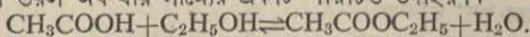
$$K_p=K_C=\frac{4x^2}{(a-x)(a-x)}=\frac{4x^2}{(a-x)^2}\text{।}$$

বিক্রিয়াটি তাপগ্রাহী। সুতরাং লা স্যাটেলিয়ারের নীতি অনুযায়ী তাপবৃদ্ধিতে সম্মুখ বিক্রিয়া অর্থাৎ HI উৎপাদন বৃদ্ধি পাইবে।

একই ভাবে দেখানো যায় নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির সাম্যাবস্থা চাপ বা আয়তনের প্রভাবমুক্ত।

$N_2+O_2\rightleftharpoons 2NO$; $CO_2+H_2\rightleftharpoons H_2O$ (স্টীম) $+CO$। উভয় বিক্রিয়াতেই বিক্রিয়ক ও উৎপন্ন দ্রব্যের অণুসংখ্যা সমান।

(খ) **অ্যাসিটিক অ্যাসিড হইতে এস্টার প্রস্তুতি** : অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও ইথাইল অ্যালকোহলের বিক্রিয়ায় ইথাইল অ্যাসিটেট (এস্টার) ও জল উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়া তরল অবস্থায় সাম্যের একটি পরিচিত উদাহরণ।

$$CH_3COOH+C_2H_5OH\rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5+H_2O.$$

প্রারম্ভিক পরিমাণ	a	b	O	O
সাম্যাবস্থায় পরিমাণ	a—x	b—x	x	x

মনে করি 'a' গ্রাম-অণু অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও 'b' গ্রাম-অণু অ্যালকোহল মিশ্রিত করা হইল। সাম্যাবস্থায় মনে করি x গ্রাম-অণু এস্টার উৎপন্ন হইল। যদি সিস্টেমের মোট আয়তন v হয়, তাহা হইলে সাম্যাবস্থায় বিভিন্ন উপাদানগুলির মোলার গাঢ়ত্ব হইবে নিম্নরূপ :

$$[CH_3COOH]\to\frac{a-x}{v}\text{ ; }[C_2H_5OH]\to\frac{b-x}{v}\text{ ;}$$

$$[CH_3COOC_2H_5]\to\frac{x}{v}\text{ ; }[H_2O]\to\frac{x}{v}\text{ ।}$$

$$\therefore\ K_C=\frac{[CH_3COOC_2H_5]\times[H_2O]}{[CH_3COOH]\times[C_2H_5OH]}=\frac{\frac{x}{v}\times\frac{x}{v}}{\frac{a-x}{v}\times\frac{b-x}{v}}=\frac{x^2}{(a-x)(b-x)}$$

উপরের সাম্য ধ্রুবকের সমীকরণে আয়তন অনুপস্থিত। সুতরাং বিক্রিয়ার সাম্য আয়তনের উপর নির্ভরশীল নহে। যে গাঢ়ত্বের অ্যাসিডই লওয়া হউক না কেন সাম্যাবস্থায় উহার 'a' গ্রাম-অণু হইতে একই পরিমাণ এস্টার গঠিত হইবে।

যে বিক্রিয়ায় অণু সংখ্যার পরিবর্তন হয় :

(গ) ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইডের বিয়োজন : ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইড বিয়োজনে ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইড ও ক্লোরিন উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়ায় সব উপাদানই বাষ্পাবস্থায় থাকে।

	$PCl_5 \rightleftharpoons$	PCl_3 +	Cl_2
প্রারম্ভিক পরিমাণ	1	O	O
সাম্যাবস্থায় পরিমাণ	$1-\alpha$	α	α

মনে করি, সাম্যাবস্থায় 1 গ্রাম-অণু ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইড হইতে α ভগ্নাংশ বিয়োজিত হয়। তাহা হইলে সাম্যাবস্থার α গ্রাম-অণু PCl_3 এবং α গ্রাম-অণু Cl_2 উৎপন্ন হয়। সাম্যাবস্থায় সিস্টেমে উপস্থিত PCl_5, PCl_3 এবং Cl_2 এর গ্রাম-অণু সংখ্যা যথাক্রমে $(1-\alpha)$, α এবং α এবং মোট গ্রাম-অণু সংখ্যা $1+\alpha$। এখন মোট চাপ P হইলে এবং বিক্রিয়া পাত্রের আয়তন v হইলে বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণকারী বিভিন্ন উপাদানের আণব গাঢ়ত্ব ও অংশ চাপ নিম্নরূপ :

উপাদান	আণব গাঢ়ত্ব	অংশ চাপ
PCl_5	$\frac{1-\alpha}{v}$	$\frac{1-\alpha}{1+\alpha}P = p_{PCl_5}$
PCl_3	$\frac{\alpha}{v}$	$\frac{\alpha}{1+\alpha}P = p_{PCl_3}$
Cl_2	$\frac{\alpha}{v}$	$\frac{\alpha}{1+\alpha}P = p_{Cl_2}$

$$\therefore \quad K_C = \frac{[PCl_3][Cl_2]}{[PCl_5]} = \frac{\frac{\alpha}{v} \times \frac{\alpha}{v}}{\frac{1-\alpha}{v}} = \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)v}$$

$$\text{এবং } K_P = \frac{p_{PCl_3} \times p_{Cl_2}}{p_{Cl_5}} = \frac{\left(\frac{\alpha}{1+\alpha}P\right) \times \left(\frac{\alpha}{1+\alpha}P\right)}{\frac{1-\alpha}{1+\alpha}P} = \frac{\alpha^2}{1-\alpha^2}P$$

এক্ষেত্রে বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থের অণুসংখ্যা অসমান এবং $K_P \neq K_C$। নির্দিষ্ট উষ্ণতায় K_P এর মান নির্দিষ্ট, সুতরাং সমীকরণ হইতে ইহা স্পষ্ট যে, চাপ (P) বৃদ্ধিতে α হ্রাস পায় অর্থাৎ বিয়োজনের পরিমাণ কমিয়া যায়। সুতরাং এক্ষেত্রে বিক্রিয়া সাম্য চাপের উপর নির্ভর করে।

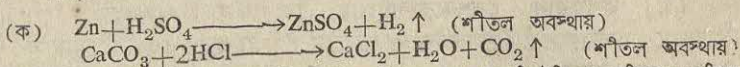
এই সমীকরণ হইতে K_P জানা থাকিলে কোন নির্দিষ্ট চাপে α বা বিয়োজন ভগ্নাংশ বাহির করা যায়।

বিক্রিয়াটি তাপগ্রাহী। সুতরাং লা স্যাটেলিয়ারের নীতি অনুযায়ী তাপবৃদ্ধিতে বিয়োজনের পরিমাণ বাড়ে।

দ্রষ্টব্য ঃ আমরা জানি, রাসায়নিক বিক্রিয়া মাত্রেই কম বেশী উভমুখী প্রকৃতির। আমরা আরোও জানি কোন বিক্রিয়ার উভমুখিতা পর্যালোচনা করিতে হইলে বিক্রিয়া এমন অবস্থায়

সম্পন্ন করা দরকার যাহাতে বিক্রিয়ক পদার্থ বা পদার্থ সমূহ হইতে বিক্রিয়াজাত পদার্থ বা পদার্থ সমূহ পরস্পর সান্নিধ্যে থাকিয়া পুনরায় নিজেদের মধ্যে বিক্রিয়া করিতে পারে। এইরূপ ক্ষেত্রে বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থা এবং সাম্যধ্রুবক সম্পর্কে ইতিপূর্বেই আলোচনা করা হইয়াছে। তবে কয়েকটি বিশেষ ধরনের বিক্রিয়া বিশেষ কারণে প্রায় একমুখীরূপে একটি নির্দিষ্ট দিকে সম্পূর্ণ হইতে দেখা যায়। এইরূপ কয়েকটি বিক্রিয়া এখানে উল্লেখ করা হইল।

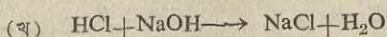
(ক) $Zn+H_2SO_4 \longrightarrow ZnSO_4+H_2\uparrow$ (শীতল অবস্থায়)

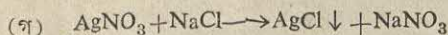
$CaCO_3+2HCl \longrightarrow CaCl_2+H_2O+CO_2\uparrow$ (শীতল অবস্থায়)

উপরের দুইটি বিপরিবর্ত বিক্রিয়ার প্রথমটিতে ধাতব জিঙ্ক লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত সাধারণ তাপমাত্রায় বিক্রিয়া করিয়া একটি বিক্রিয়াজাত পদার্থ হিসাবে হাইড্রোজেন গ্যাস এবং দ্বিতীয়টিতে ক্যালসিয়াম কার্বনেট ও লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের পারস্পরিক ক্রিয়ায় একই অবস্থায় গ্যাসীয় কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইতেছে। ফলে হাইড্রোজেন এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসরূপে উৎপন্ন হওয়ার সঙ্গে সঙ্গেই বিক্রিয়ার আওতা হইতে অপসারিত হইয়া যাইতেছে। স্বভাবতই বিক্রিয়াগুলিতে হাইড্রোজেন এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডের অংশ চাপ শূন্য (০) ধরা যাইতে পারে। সুতরাং সাম্যধ্রুবক অপরিবর্তিত রাখিতে বিক্রিয়া সম্মুখ দিকে অগ্রসর হইতে থাকিবেই। বলা বাহুল্য উভয় বিক্রিয়াই খোলা অবস্থায় সংঘটিত করা হইয়াছে।

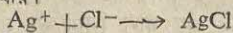
আবার একই ভাবে দেখানো যায়, কঠিন সোডিয়াম ক্লোরাইড বা পটাসিয়াম নাইট্রেট এবং ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া উত্তপ্ত অবস্থায় একমুখী হইবে।

$NaCl+H_2SO_4 \longrightarrow NaHSO_4+HCl\uparrow$; $KNO_3+H_2SO_4 \longrightarrow KHSO_4+HNO_3\uparrow$

এখানে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড এবং নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প বিক্রিয়া পাত্র হইতে উত্তাপ প্রয়োগে উৎপত্তির সংগে সংগেই বিতাড়িত হইতেছে।

(খ) $HCl+NaOH \longrightarrow NaCl+H_2O$

উপরের বিক্রিয়া তীব্র অ্যাসিড এবং তীব্র ক্ষারের প্রশমনের একটি সহজ উদাহরণ। এই বিক্রিয়াটি জলীয় দ্রবণে সম্পূর্ণ একমুখী চরিত্রের। জলীয় দ্রবণে এই বিক্রিয়ার বিক্রিয়ক তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য অ্যাসিড এবং ক্ষার সম্পূর্ণ আয়নিত অবস্থায় অর্থাৎ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড H^+ ও Cl^- আয়ন রূপে এবং সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড Na^+ ও OH^- আয়ন রূপে বর্তমান থাকে। প্রকৃত পক্ষে প্রশমন প্রক্রিয়ায় জলীয় দ্রবণে অ্যাসিড হইতে উদ্ভূত H^+ আয়ন এবং ক্ষার হইতে উদ্ভূত OH^- আয়নের বিক্রিয়ায় প্রায় অবিয়োজিত জলের অণুর সৃষ্টি হয়। জলের অণুর বিয়োজনে H^+ এবং OH^- আয়নের পরিমাণ এত কম যে বিক্রিয়া শেষে এই সকল আয়নের গাঢ়ত্ব উপেক্ষা করা যাইতে পারে। সুতরাং H^+ এবং OH^- আয়ন জল অণু গঠন করিয়া বিক্রিয়ার আওতা হইতে সম্পূর্ণ ভাবে অপসারিত হয় বলিয়া এইরূপ বিক্রিয়া একমুখী রূপে সম্পূর্ণ হয়।

(গ) $AgNO_3+NaCl \longrightarrow AgCl\downarrow+NaNO_3$

উপরের বিক্রিয়া একটি প্রায় একমুখী বিক্রিয়া। এখানে বিক্রিয়ক উভয় লবণ সিলভার নাইট্রেট ও সোডিয়াম ক্লোরাইড জলীয় দ্রবণে সম্পূর্ণ আয়নিত অবস্থায় থাকে অর্থাৎ সিলভার নাইট্রেট হইতে Ag^+ এবং NO_3^- এবং সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে Na^+ এবং Cl^- আয়ন উৎপন্ন হয়। প্রধানতঃ এই বিক্রিয়ায় Ag^+ এবং Cl^- আয়ন পরস্পর বিক্রিয়া করিয়া প্রায় অদ্রাব্য $AgCl$ গঠন করে যাহা অধঃক্ষেপ রূপে বিক্রিয়ার আওতা হইতে দূরীভূত হয়। Na^+ এবং NO_3^- অপরিবর্তিত থাকিয়া যায়।

$$Ag^++Cl^- \longrightarrow AgCl$$

বিক্রিয়াজাত পদার্থ $AgCl$ অবিযোজিত অণু গঠন করার ফলে বিক্রিয়া একমুখী হয়।

গাণিতিক উদাহরণ

(১) 497°C তাপমাত্রায় $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$ এই বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক 636। এই সিস্টেমটি কত চাপে রাখিলে শতকরা 50 ভাগ N_2O_4 বিয়োজিত হইবে?

এক গ্রাম-অণু N_2O_4 লওয়া হইলে উহা হইতে সাম্যাবস্থায় থাকিবে,

$N_2O_4=0{\cdot}5$ গ্রাম-অণু এবং $NO_2=1$ গ্রাম-অণু।

উপাদানগুলির মোট পরিমাণ $=0{\cdot}5+1=1{\cdot}5$ গ্রাম-অণু।

$p_{N_2O_4}=N_2O_4$ এর অংশ চাপ$=\frac{0{\cdot}5}{1{\cdot}5}P$ এবং $p_{NO_2}=\frac{1}{1{\cdot}5}P$ ($P=$ মোট চাপ)

$$\therefore\ K_p=\frac{p^2_{NO_2}}{p_{N_2O_4}}=\frac{\left(\frac{1}{1{\cdot}5}P\right)^2}{\frac{0{\cdot}5}{1{\cdot}5}P}$$

$$\therefore\ 636=\frac{P}{0{\cdot}75}\quad\therefore\ P=477\text{ mm.}$$

(২) 460° তাপাঙ্কে $H_2+I_2\rightleftharpoons 2HI$-এর সাম্য ধ্রুবক (K) 55·5। যখন 1 গ্রাম-অণু হাইড্রোজেন এবং 0·75 গ্রাম-অণু আয়োডিন লওয়া হয় তখন সাম্যাবস্থায় HI-এর পরিমাণ নির্ণয় কর।

$$H_2+I_2\rightleftharpoons 2HI\qquad\therefore\ K=\frac{[HI]^2}{[H_2]\,[I_2]}$$

$(1-x)\,(0{\cdot}75-x)\,2x$

মনে করি 2x গ্রাম-অণু HI সাম্যাবস্থায় থাকে। তাহা হইলে HI এর মোলার গাঢ়ত্ব বা $[HI]=2x$, $[H_2]=1-x$ এবং $[I_2]=0{\cdot}75-x$ (সাম্যাবস্থায় x গ্রাম-অণু H_2 বিক্রিয়া করিলে)

$$\therefore\ K=55{\cdot}5=\frac{4x^2}{(1-x)(0{\cdot}75-x)}=\frac{4x^2}{0{\cdot}75-1{\cdot}75x+x^2}$$

বা $41{\cdot}625-97{\cdot}126x+55{\cdot}5x^2=4x^2$

বা $51{\cdot}5x^2-97{\cdot}126x+41{\cdot}625=0$

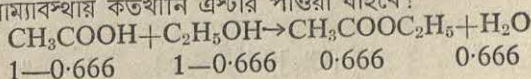
বা $x^2-1{\cdot}88x+0{\cdot}808=0$

[$ax^2+bx+c=0$ হইলে $x=\frac{-b\pm\sqrt{b^2-4ac}}{2a}$ বীজগণিতের এই সূত্র প্রয়োগ করিয়া এই হিসাবে x এর দুইটি মান পাওয়া যায়। উহাদের একটি অসম্ভব কেননা সেক্ষেত্রে উহার মান গৃহীত উপাদান হইতে অধিক হয়।]

$\therefore\ x=0{\cdot}72$ গ্রাম-অণু $\therefore\ 2x=1{\cdot}44$ গ্রাম-অণু$=$HI এর পরিমাণ।

(৩) যখন এক গ্রাম-অণু অ্যাসিটিক অ্যাসিড এবং এক গ্রাম-অণু ইথাইল অ্যালকোহল মিশানো হয়, তখন $CH_3COOH+C_2H_5OH\rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5+H_2O$ বিক্রিয়া অনুসারে সাম্যাবস্থায় 0·666 গ্রাম-অণু অ্যাসিড এস্টারে পরিণত হয়। যদি এক গ্রাম-অণু অ্যাসিডের সঙ্গে 0·5 গ্রাম-অণু অ্যালকোহল থাকে তাহা হইলে সাম্যাবস্থায় কতখানি এস্টার পাওয়া যাইবে?

$$CH_3COOH+C_2H_5OH\rightarrow CH_3COOC_2H_5+H_2O$$

$1-0{\cdot}666\qquad 1-0{\cdot}666\qquad 0{\cdot}666\qquad 0{\cdot}666$

$$\therefore\ K=\frac{[CH_3COOC_2H_5]\,[H_2O]}{[CH_3COOH]\,[C_2H_5OH]}$$

$$=\frac{(0{\cdot}666/v)(0{\cdot}666/v)}{(0{\cdot}333/v)(0{\cdot}333/v)}=4\text{ (প্রায়)}$$

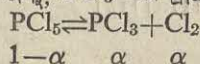
এখন মনে করি প্রশ্নানুযায়ী মিশ্রণে x গ্রাম-অণু এস্টার উৎপন্ন হয়,

তাহা হইলে $K = \frac{x^2}{(1-x)(0\cdot5-x)} = 4$

$\therefore\ 4 = \frac{x^2}{(1-x)(0\cdot5-x)}$ ।

এই সমীকরণকে বীজগণিতের সূত্রানুযায়ী সমাধান করিলে x এর দুইটি মান যথা 0·423 এবং 1·57 পাওয়া যায়। কিন্তু 1·57 গ্রহণযোগ্য নহে। কারণ 0·5 গ্রাম-অণু অ্যালকোহল হইতে 1·5 গ্রাম-অণু এস্টার পাওয়া অবাস্তব। সুতরাং নির্ণেয় এস্টারের পরিমাণ=0·423 গ্রাম-অণু।

(৪) 180°C উষ্ণতায় এবং সাধারণ বায়ুচাপে, ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইড 41·7% বিযোজিত। এই বিক্রিয়ার সাম্য ধ্রবক (K_P) বাহির কর।

এক গ্রাম-অণু PCl_5 লওয়া হইলে এবং α=বিয়োজন মাত্রা=এক গ্রাম-অণু PCl_5 হইতে উদ্ভূত বিক্রিয়াজাত পদার্থ হইলে, সাম্যাবস্থায় থাকিবে PCl_5= $(1-\alpha)$ গ্রাম-অণু, $PCl_3=\alpha$ গ্রাম-অণু এবং $Cl_2=\alpha$ গ্রাম-অণু।

$$PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2$$
$$1-\alpha \quad \alpha \quad \alpha$$

উপাদানগুলির মোট পরিমাণ=$1+\alpha$ গ্রাম-অণু এবং উহাদের অংশ চাপ হইবে

$$p_{PCl_5} = \frac{1-\alpha}{1+\alpha}P,\ p_{PCl_3} = p_{Cl_2} = \frac{\alpha}{1+\alpha}P \quad [\ P = \text{সিস্টেমের মোট চাপ}\ ]$$

$$\therefore\ K = \frac{p_{PCl_3} \times p_{Cl_2}}{p_{PCl_5}} = \frac{\left(\frac{\alpha}{1+\alpha}P\right)^2}{\left(\frac{1-\alpha}{1+\alpha}\right)P} = \frac{\alpha^2 P}{1-\alpha^2} = \frac{(0\cdot417)^2}{1-(0\cdot417)^2} \times 1$$

$$= 0\cdot21$$

(৫) 2·0 গ্রাম-অণু PCl_5 কে একটি আবদ্ধ 2 লিটার গ্যাস ধারণক্ষম ফ্লাস্কে উত্তপ্ত করা হইল। সাম্যাবস্থায় ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইড 40%, PCl_3 এবং Cl_2-এ বিযোজিত দেখা গেল। বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক নির্ণয় কর।

2·0 গ্রাম অণুর 40% $= \frac{40 \times 2}{100} = 0\cdot8$ গ্রাম-অণু

সুতরাং $PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2$ এই বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায়

PCl_5 এর মোলার গাঢ়ত্ব $= [PCl_5] = \frac{2-0\cdot8}{2} = 0\cdot6$ গ্রাম-অণু

PCl_3 " " " $= [PCl_3] = \frac{0\cdot8}{2} = 0\cdot4$ " "

Cl_2 " " " $= [Cl_2] = \frac{0\cdot8}{2} = 0\cdot4$ " "

$$\therefore\ K = \frac{0\cdot4 \times 0\cdot4}{0\cdot6} = 0\cdot267$$

দ্বিতীয় পর্ব—অজৈব রসায়ন

(অধাতু ও উহাদের যৌগ)

প্রথম অধ্যায়

অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন

[**Syllabus :** Oxygen and Hydrogen. Water ; Hard water and soft water. Softening of water. Gravimetric and volumetric composition of water. Hydrogen peroxide and Ozone.]

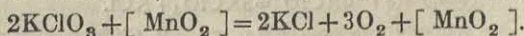
অক্সিজেন

(চিহ্ন-O, আণবিক সংকেত-O_2, পারমাণবিক গুরুত্ব 16)

বায়ুর মধ্যে অক্সিজেন আছে এবং অক্সিজেনের জন্যই প্রাণিজগৎ বাঁচিয়া আছে। কিন্তু অষ্টাদশ শতাব্দীর মধ্যভাগ পর্যন্ত এই বিষয়ে কাহারও পরিষ্কার জ্ঞান ছিল না। বৈজ্ঞানিক শীলে, প্রিষ্ট্‌লী ও ল্যাভয়সিয়ার প্রায় একই সঙ্গে বাতাসে এই গ্যাসটির সন্ধান পান। ল্যাভয়সিয়ার উহার কার্যকারিতা সম্বন্ধে বিশেষ আলোকপাত করেন। তিনি দেখান, অক্সিজেনের জন্যই বাতাসে আগুন জ্বলে, লোহায় মরিচা পড়ে এবং প্রাণীমাত্রেই জীবনধারণ করে এই গ্যাসের কল্যাণে। অক্সিজেন নাম তাঁহারই দেওয়া। অক্সিজেন কথার অর্থ—অম্ল বা অ্যাসিডের পুরোধা (acid former)। তিনি প্রমাণ করেন, অক্সিজেনের সংযোগে অধাতু সালফার, কার্বন, ফসফরাস যে সকল পদার্থ উৎপন্ন করে তাহা জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যাসিড দেয়।

প্রস্তুতি : অক্সিজেন-সমৃদ্ধ কোন কোন যৌগ, জল এবং বায়ু হইতে অক্সিজেন প্রস্তুত করা হয়।

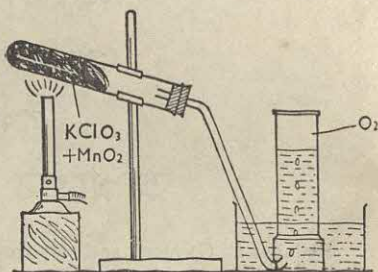
(ক) ল্যাবরেটরী পদ্ধতি : ল্যাবরেটরীতে বিচূর্ণ পটাসিয়াম ক্লোরেট ও ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের উত্তম মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া অক্সিজেন প্রস্তুত করা হয়। পটাসিয়াম ক্লোরেট বিযোজিত হইয়া পটাসিয়াম ক্লোরাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে। ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড অনুঘটক * হিসাবে এই বিযোজন ত্বরান্বিত করে মাত্র।

$$2KClO_3 + [MnO_2] = 2KCl + 3O_2 + [MnO_2].$$

একটি শক্ত অপেক্ষাকৃত মোটা পরীক্ষা-নলের প্রায় অর্ধেকটা চার ভাগ বিচূর্ণ পটাসিয়াম ক্লোরেট ও একভাগ ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের উত্তম মিশ্রণ দ্বারা পূর্ণ করা হয়। পরীক্ষা-নলে কর্কের মাধ্যমে একটি বাঁকানো নির্গম-নল লাগানো থাকে। একটি বন্ধনীর সাহায্যে পরীক্ষা-নলটি ঈষৎ নিম্নাভিমুখী অবস্থায় স্ট্যাণ্ডে আটকানো হয়। নির্গম নলের অপর প্রান্ত গ্যাসদ্রোণীর জলের তলায় ডুবাইয়া একটি মধুকোষ পীঠের (beehive shelf) ভিতরে ঢুকানো হয়। অতঃপর পরীক্ষা-নলটি ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে (প্রথমে মধ্যভাগ ও পরে শেষ প্রান্ত) অক্সিজেন গ্যাস নির্গম নল দিয়া আসে

---

* অনুঘটকের সংজ্ঞা ও ব্যাখ্যা এই অধ্যায়ের 11 পৃষ্ঠায় দ্রষ্টব্য।

এবং জলের ভিতর দিয়া বুদবুদ আকারে বাহির হইতে থাকে। পরীক্ষা নল ও নির্গম নলের সমস্ত বায়ু অপসারণের জন্য কিছু গ্যাস এইভাবে বাহির হইয়া যাওয়ার পর একটি জলপূর্ণ গ্যাসজার বুদবুদ স্থানে মধুকোষ পীঠের উপর উপুড় করিয়া বসানো হয়। উদ্ভূত অক্সিজেন জলের নিম্নাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।

এইরূপে উৎপন্ন গ্যাসে সামান্য পরিমাণে ক্লোরিন, কার্বন ডাই-অক্সাইড, জলীয় বাষ্প অশুদ্ধি হিসাবে থাকে। এই গ্যাসকে কষ্টিক পটাসের গাঢ় দ্রবণের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে ক্লোরিন ও কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষিত হয়। পরে ইহাকে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড বা ফসফরাস পেণ্টোক্সাইডের মধ্য দিয়া চালাইলে ইহা জলীয়বাষ্পমুক্ত হয় এবং মার্কারীর অপসারণ দ্বারা বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অক্সিজেন সংগ্রহ করা হয়।

চিত্র ২(১)—ল্যাবরেটরীতে অক্সিজেন প্রস্তুতি

দ্রষ্টব্য—এই পদ্ধতিতে অক্সিজেন প্রস্তুত করার সময় কতকগুলি বিষয়ে **সতর্কতা** অবলম্বনের প্রয়োজন।

(১) যতদূর সম্ভব বিশুদ্ধ ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ব্যবহার করা দরকার। অন্যথায় ইহাতে কার্বনের গুড়া বা অ্যান্টিমনি সালফাইড থাকিলে বিস্ফোরণ ঘটিতে পারে। (২) উৎপন্ন অক্সিজেনের সহজ নির্গমনের জন্য পরীক্ষা-নলের প্রায় অর্ধেক ভাগ খালি রাখা দরকার। (৩) পরীক্ষা-নলের মুখ ঈষৎ নিম্নাভিমুখী থাকা প্রয়োজন। ইহাতে গ্যাসদ্রোণী হইতে জল উত্তপ্ত নলে প্রবেশ করিয়া বিঘ্ন ঘটাইবার সম্ভাবনা কম থাকে। (৪) পরীক্ষা-নলটি ধীরে ধীরে সর্বত্র সমান ভাবে উত্তপ্ত করিতে হইবে। (৫) দ্রোণী হইতে জল উত্তপ্ত পরীক্ষা-নলে ঢুকিয়া যাহাতে বিস্ফোরণ না ঘটায় সেইজন্য গ্যাস সংগ্রহের পর নির্গম-নলের মুখটি জলের উপরে রাখা হয়।

ল্যাবরেটরী পদ্ধতিতে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ব্যবহারের কারণ ঃ

ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ছাড়া শুধুমাত্র পটাসিয়াম ক্লোরেটকে উত্তপ্ত করিলেও অক্সিজেন পাওয়া যায়। কিন্তু এই ক্ষেত্রে অধিক তাপমাত্রার প্রয়োজন হয় এবং বিক্রিয়াটি দুই ধাপে সম্পন্ন হয়। প্রথমে প্রায় 300°C তাপাঙ্কে পটাসিয়াম ক্লোরেট অতি সামান্য অক্সিজেন নির্গত করিয়াই দ্রুত পটাসিয়াম পারক্লোরেট এবং পটাসিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। $4KClO_3 = 3KClO_4 + KCl$.

তাপমাত্রা 610°C হইলে পটাসিয়াম পারক্লোরেট গলিয়া যায় এবং 630°C তাপমাত্রায় বিযোজিত হইয়া পটাসিয়াম ক্লোরাইড ও অক্সিজেন দেয়। $KClO_4 = KCl + 2O_2$.

কিন্তু ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ব্যবহার করিলে অনেক কম উষ্ণতায় (200° – 240°C) পটাসিয়াম ক্লোরেট বিশ্লিষ্ট হইয়া অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ধনাত্মক অনুঘটক হিসাবে নিজের উপস্থিতি দ্বারা পটাসিয়াম ক্লোরেটের বিযোজন ত্বরান্বিত করে কিন্তু বিক্রিয়া শেষে উহার ওজন, ধর্ম ও অভ্যন্তরীণ গঠন অপরিবর্তিত থাকে।

একটি পরীক্ষা দ্বারা সহজেই ইহা প্রমাণ করা যায়।

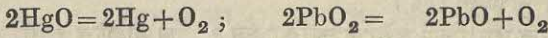
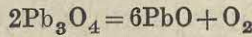
তিনটি শুষ্ক টেষ্ট টিউবের একটিতে জ্ঞাত ওজনের পটাসিয়াম ক্লোরেট ও ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণ এবং অপর দুইটির একটিতে শুধু পটাসিয়াম ক্লোরেট এবং অপরটিতে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড লইয়া উহাদের

একটি স্যাণ্ড্ট্রের (sand bath) বালুর মধ্যে উপযুক্ত ভাবে বসানো হয়। স্যাণ্ড্ট্রেতে ধীরে ধীরে উত্তাপ দিলে দেখা যায়, অপেক্ষাকৃত কম তাপমাত্রায় যে টেষ্ট টিউবে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও পটাসিয়াম ক্লোরেট মিশ্রণ আছে তাহা হইতেই প্রথমে অক্সিজেন নির্গত হইতে থাকে। একটি শিখাহীন জ্বলন্ত শলাকা উহার মুখে ধরিলে উহা দপ্ করিয়া জ্বলিয়া উঠে। এই পরীক্ষা অক্সিজেনের নির্গমন প্রমাণ করে। আরও দেখা যায়, এই তাপমাত্রায় অন্য টেষ্ট টিউব দুইটি হইতে কোন গ্যাস বাহির হইতেছে না। এই তাপমাত্রায় অক্সিজেন নির্গমন শেষ হওয়ার পর টেষ্ট টিউবটি ঠাণ্ডা করিয়া উহাতে জল দেওয়া হয়। উৎপন্ন পটাসিয়াম ক্লোরাইড জলে সম্পূর্ণ দ্রবীভূত হয়। অদ্রাব্য ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ফিলটার দ্বারা পৃথক করার পর শুষ্ক করিয়া ওজন লইলে দেখা যায়, এই ওজন এবং পরীক্ষার পূর্বে ব্যবহৃত ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের ওজনের মধ্যে তারতম্য নাই। এই শুষ্ক ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড আবার নূতন ভাবে পটাসিয়াম ক্লোরেটে মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করিলে অক্সিজেন বাহির হয় এবং ইহাকে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিলে সবুজাভ ক্লোরিন গ্যাস নির্গত হয়। এই সকল পরীক্ষা হইতে প্রমাণিত হয় ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড অপেক্ষাকৃত কম তাপমাত্রায় পটাসিয়াম ক্লোরেটকে বিশ্লিষ্ট করে এবং এই বিক্রিয়াকালে ম্যাঙ্গানিজ ডাই- অক্সাইডের নিজের রাসায়নিক কোন পরিবর্তন হয় না।

(খ) অনেক **ধাতব অক্সাইড** উত্তপ্ত করিলে অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।

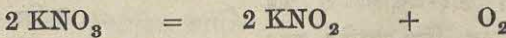
$2HgO = 2Hg + O_2$; $2PbO_2 = 2PbO + O_2$

মারকিউরিক অক্সাইড — লেড ডাই-অক্সাইড — লেড মনোক্সাইড

$2Pb_3O_4 = 6PbO + O_2$

রেড লেড

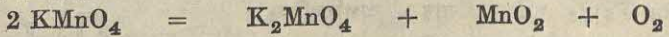
মারকিউরিক অক্সাইড হইতে অক্সিজেন ঃ একটি বাঁকা নির্গমনলযুক্ত মোটা কাচের নলে কিছুটা মারকিউরিক অক্সাইড লইয়া উত্তপ্ত করিলে মারকিউরিক অক্সাইড তাপ বিভাজন দ্বারা ধাতব মার্কারী ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে। গ্যাসীয় অক্সিজেন নির্গম নল দিয়া বাহিরে আসে এবং যথারীতি জলের নিম্নাপসারণ দ্বারা সংগৃহীত হয়। $2HgO = 2Hg + O_2$

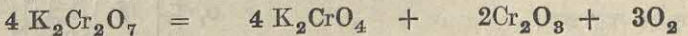
(গ) অনেক **অক্সিজেনবহুল** লবণ উত্তাপ প্রয়োগে অক্সিজেন নির্গত করে।

$2\,KNO_3 = 2\,KNO_2 + O_2$

পটাসিয়াম নাইট্রেট — পটাসিয়াম নাইট্রাইট

$2Pb(NO_3)_2 = 2\,PbO + 4\,NO_2 + O_2$

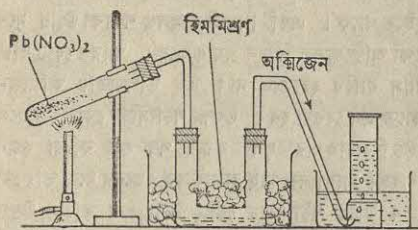
লেড নাইট্রেট — লেড মনোক্সাইড — নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড

$2\,KMnO_4 = K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2$

পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট — পটাসিয়াম ম্যাঙ্গানেট

$4\,K_2Cr_2O_7 = 4\,K_2CrO_4 + 2Cr_2O_3 + 3O_2$

পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট — পটাসিয়াম ক্রোমেট — ক্রোমিক অক্সাইড

লেড নাইট্রেট হইতে অক্সিজেন ঃ সাদা লেড নাইট্রেট কেলাস উত্তপ্ত করিলে ইহা অক্সিজেন ও বাদামী গ্যাসীয় নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড নির্গত করে। সঙ্গে হলুদ বর্ণের কঠিন লেড মনোক্সাইড গঠিত হয়। $2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2$

একটি নির্গম নলযুক্ত মোটা পরীক্ষা-নলে লেড নাইট্রেট লবণ লইয়া নির্গম নলটি একটি U-নলের এক বাহুর সঙ্গে যুক্ত করা হয়। U-নলের অপর বাহুর সহিত আর একটি নির্গম-নল লাগাইয়া উহার শেষ প্রান্ত জলের তলায় রাখা হয়। U-নলটি হিমমিশ্রণে

বরফ ও লবণের মিশ্রণ) রাখিয়া শীতল করা হয়। অতঃপর ধীরে ধীরে পরীক্ষা নলটি উত্তপ্ত করিলে অক্সিজেন সহ বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাস বাহির হয় এবং শীতল U-নলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হওয়ার সময় নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ঘনীভূত হইয়া গাঢ় বাদামী তরলরূপে ইহাতে জমা হয়। অপরিবর্তিত অক্সিজেন অপর নির্গম-নল দিয়া নির্গত হয় এবং ইহা জলের অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

চিত্র ২(২)—লেডনাইট্রেট হইতে অক্সিজেন প্রস্তুতি

(ঘ) ঘন নাইট্রিক, সালফিউরিক প্রভৃতি অক্সিজেন সমৃদ্ধ অ্যাসিড উত্তাপে বিযোজিত হইয়া অক্সিজেন দেয়।

ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে অক্সিজেন ঃ ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড লোহিত-তপ্ত ঝামা পাথরের উপর ফেলিলে উহা অক্সিজেন, বাদামী নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাস এবং স্টীমে বিযোজিত হয়। $4HNO_3 = 4NO_2 + 2H_2O + O_2$

বিন্দুপাতী ফানেলযুক্ত একটি কাচের গোলতল পাতন ফ্লাস্কের প্রায় অর্ধেকটা ঝামা পাথর দ্বারা পূর্ণ করা হয়। ফ্লাস্কের পার্শ্বস্থিত নির্গম-নল হিমমিশ্রণে বসানো U-নলের এক বাহুতে যুক্ত থাকে। U-নলের অপর বাহুর সহিত একটি বাঁকানো নির্গম নল লাগাইয়া উহার শেষ প্রান্ত জলের তলায় নিমজ্জিত রাখা হয়। ফ্লাস্কের ঝামাপাথর তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিয়া বিন্দুপাতী ফানেল হইতে ইহাতে ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড ফোঁটা ফোঁটা করিয়া যোগ করিলে অক্সিজেন, বাদামী নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও স্টীম বাষ্পাকারে নির্গম নল দিয়া বাহির হয়। শীতল U-নল দিয়া প্রবাহিত হওয়ার সময় নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও স্টীম তরলীভূত হইয়া ইহাতে জমিয়া যায়। অপরিবর্তিত অক্সিজেন যথারীতি জলের নিম্নাপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

চিত্র ২(৩)—অ্যাসিড হইতে অক্সিজেন প্রস্তুতি

একইভাবে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড হইতেও অক্সিজেন পাওয়া যায়। ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড লোহিত তপ্ত ঝামা পাথরের উপর ফেলিলে উহা অক্সিজেন, সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস ও স্টীম উৎপন্ন করে।

$$2H_2SO_4 = 2SO_2 + 2H_2O + O_2$$

এই ক্ষেত্রে নির্গম নল দিয়া সালফার ডাই-অক্সাইড, অক্সিজেন ও স্টীম বাহিরে

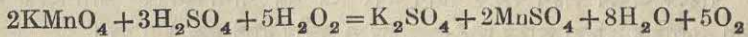
আসে। সালফার ডাই-অক্সাইড ও স্টীম U-নলের শীতলতায় তরলে পরিণত হইয়া ইহাতে জমে। গ্যাসীয় অক্সিজেন একই ভাবে সংগ্রহ করা হয়।

(ঙ) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড অথবা ধাতব পার-অক্সাইড হইতে সহজেই অক্সিজেন পাওয়া যায়।

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড সাধারণ তাপমাত্রাতেই স্বতঃস্ফূর্তভাবে জল ও অক্সিজেনে বিশ্লিষ্ট হয়। তবে এই পরিবর্তন উত্তাপ প্রয়োগে বা কাচচূর্ণ, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড, প্ল্যাটিনাম প্রভৃতি অনুঘটকের উপস্থিতিতে ত্বরান্বিত হয়। $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$

সোডিয়াম পার-অক্সাইড ও জলের বিক্রিয়ায় সহজেই অক্সিজেন নির্গত হয় এবং দ্রবণে সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড গঠিত হয়। $2Na_2O_2 + 2H_2O = 4NaOH + O_2$

অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড যোগ করিলে বিশুদ্ধ অক্সিজেন পাওয়া যায় এবং পটাসিয়াম সালফেট, ম্যাঙ্গানাস সালফেট ও জল উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়ায় বেগুনী পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ বর্ণহীন হয়।

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2O_2 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5O_2$$

ব্লিচিং পাউডার ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড পারস্পরিক বিক্রিয়া করিয়া সহজে অক্সিজেন উৎপন্ন করে। $Ca(OCl)Cl + H_2O_2 = CaCl_2 + H_2O + O_2$

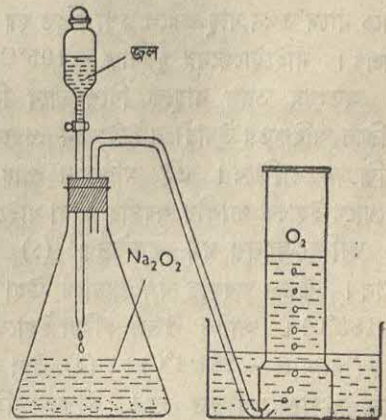
সাধারণ তাপমাত্রায় অক্সিজেন প্রস্তুতি ঃ (১) সোডিয়াম পার-অক্সাইডে জল বা (২) অ্যাসিড যুক্ত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড যোগ করিয়া বিনা তাপে অক্সিজেন প্রস্তুত করা যায়।

বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গম নলযুক্ত একটি শঙ্কু কুপীতে (conical flask) সোডিয়াম পার-অক্সাইড লওয়া হয় এবং বিন্দুপাতী ফানেল হইতে উহাতে সাবধানে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া জল যোগ করিলে অক্সিজেন নির্গম নল দিয়া বাহির হয়। অক্সিজেন জলের অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

শঙ্কু কুপীতে সালফিউরিক অ্যাসিড যুক্ত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ লইয়া বিন্দুপাতী ফানেল হইতে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড বিন্দু বিন্দু করিয়া যোগ করিলে অক্সিজেন নির্গমন হইতে থাকে এবং এই অক্সিজেন যথারীতি জলের অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা যাইতে পারে।

চিত্র ২(৪)—সাধারণ তাপমাত্রায় অক্সিজেন প্রস্তুতি

(২) জল হইতে অক্সিজেন প্রস্তুতি ঃ

(ক) সামান্য ক্ষারযুক্ত জলকে আয়রন বা নিকেল তড়িৎদ্বারের সাহায্যে তড়িৎবিশ্লেষণ করিলে অ্যানোডে অক্সিজেন পাওয়া যায়। (খ) জলীয়

বাষ্পের উপর ক্লোরিন গ্যাসের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। $2H_2O+2Cl_2=4HCl+O_2$

(৪) **বায়ু হইতে অক্সিজেন প্রস্তুতিঃ** বায়ু প্রধানতঃ নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের সাধারণ মিশ্রণ (আয়তন হিসাবে প্রায় $\frac{4}{5}$ ভাগ নাইট্রোজেন ও $\frac{1}{5}$ ভাগ অক্সিজেন)। এই মিশ্রণ হইতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন পৃথকীকরণ সম্ভব বলিয়াই বায়ুকে অক্সিজেনের শিল্প-প্রস্তুতির উৎস হিসাবে ব্যবহার করা যায়। এই পৃথক করার কাজটি সম্পন্ন করা হয় তরল বায়ুর আংশিক পাতন দ্বারা।

এই পদ্ধতিতে পর্যায়ক্রমে নিম্নলিখিত প্রক্রিয়ার সাহায্য লওয়া হয়।

(১) বায়ু হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয়বাষ্প অপসারণ ;

(২) শীতল অবস্থায় অতিরিক্ত চাপ প্রয়োগ দ্বারা বায়ুকে তরলীভূত করা ;

(৩) তরল বায়ুর আংশিক পাতনে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন পৃথকীকরণ।

বায়ুকে প্রথমে কঠিন কষ্টিক পটাস এবং পরে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প মুক্ত করা হয়।

শুষ্ক বায়ুকে পাম্পের সাহায্যে কুণ্ডলাকৃতি নলে অতি উচ্চ চাপে প্রবেশ করানো হয় এবং শীতল জল দ্বারা ঠাণ্ডা করা হয়। সাধারণ গ্যাসের একটি বিশেষ গুণ হইল উহাকে অধিক চাপে সঙ্কুচিত অবস্থা হইতে সরু নল দিয়া হঠাৎ কম চাপের স্থানে পাঠাইয়া প্রসারিত হইতে দিলে উহার উষ্ণতা আরো কমিয়া যায় (জুল-টমসন প্রক্রিয়া)। এই গুণের ব্যবহারিক প্রয়োগ করিয়া উচ্চ চাপের বায়ুকে সরু ছিদ্র দিয়া অল্প চাপের স্থানে পাঠানো হয়, যাহার ফলে উহার উষ্ণতা আরো হ্রাস পায়। এইভাবে বারকয়েক শীতল অবস্থায় উচ্চচাপে সঙ্কোচন ও সরু ছিদ্রপথে নিম্ন চাপের স্থানে পাঠাইয়া সম্প্রসারণ করাইলে বায়ুর উষ্ণতা ক্রমাগত হ্রাস পাইয়া যখন $-190°C$ তাপমাত্রার নিচে নামে তখন বায়ু তরলে রূপান্তরিত হয়। ইহা তরল নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণ। নাইট্রোজেনের স্ফুটনাঙ্ক $-195°C$ এবং অক্সিজেনের স্ফুটনাঙ্ক $-183°C$।

অতঃপর তরল বায়ুকে বিশেষভাবে নির্মিত পাতনযন্ত্রে আংশিক ভাবে পাতিত করিলে অধিকতর উদ্বায়ী নাইট্রোজেন প্রথমে বাহির হইয়া যাইবে এবং পাতনযন্ত্রে অক্সিজেন থাকিবে। এই অক্সিজেন প্রায় নাইট্রোজেনমুক্ত অবস্থায় থাকে। তাপ প্রয়োগে ইহাকে গ্যাসীয় অবস্থায় আনা যাইতে পারে।

অক্সিজেনের ধর্ম—ভৌতঃ (১) অক্সিজেন একটি বর্ণহীন, স্বাদহীন, গন্ধহীন গ্যাস। শীতল অবস্থায় চাপ প্রয়োগে উহা নীলাভ তরলে পরিণত হয় (স্ফুটনাঙ্ক $-183°C$)। আরও শীতল করিয়া ইহাকে নীলবর্ণের কঠিন পদার্থে রূপান্তরিত করা যায় (গলনাঙ্ক $-281·4°C$)। (২) ইহা বাতাস অপেক্ষা সামান্য ভারী। (৩) ইহা জলে সামান্য দ্রবীভূত হয়। আয়তন হিসাবে $0°C$ তাপমাত্রায় ইহার দ্রাব্যতা শতকরা 4 ভাগ। এই সামান্য পরিমাণ দ্রবীভূত অক্সিজেনই মাছ ও অন্যান্য জলচর প্রাণীর শ্বাসকার্য অব্যাহত রাখিয়া ইহাদিগকে বাঁচাইয়া রাখে।

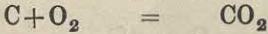
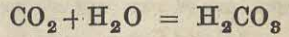
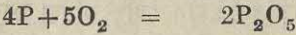
রাসায়নিকঃ অক্সিজেনের উল্লেখযোগ্য রাসায়নিক সক্রিয়তা আছে।

(১) **অক্সিজেনের বহুরূপতা* আছে।** ইহার অপর রূপভেদের নাম ওজোন (Ozone)।

(২) **অক্সিজেন নিজে দাহ্য নহে কিন্তু অন্য পদার্থের দহনের সহায়ক।**** অক্সিজেনে দহনকালে পদার্থ ইহা দ্বারা জারিত হয়। বাতাসে কাঠ, মোম, কেরোসিন প্রভৃতি পদার্থে অগ্নিসংযোগ করিলে উহারা জ্বলিতে থাকে।

সোডিয়াম, পটাসিয়াম প্রভৃতি ধাতু বাতাসের সংস্পর্শেই জ্বলিয়া উঠে।

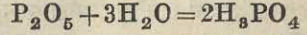
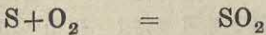
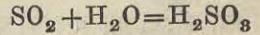
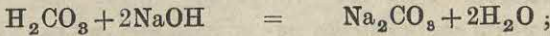
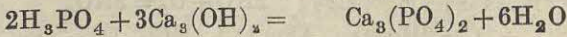
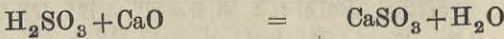
(৩) কম বেশী তাপমাত্রায় **অনেক অধাতব এবং ধাতব মৌল** তাপ ও আলো বিকিরণ সহ **অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া অক্সাইড গঠন করে।** এইরূপ অক্সাইড গঠন অক্সিজেনের জারণ ক্রিয়ারই উদাহরণ।

কার্বন, ফসফরাস, সালফার প্রভৃতি অধাতু অক্সিজেনে পুড়িলে প্রদীপ্ত শিখায় জ্বলিয়া অম্ল জাতীয় (acidic) অক্সাইড দেয়। ইহারা জলের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যাসিড উৎপন্ন করে, জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করে এবং ক্ষারকের সহিত ক্রিয়ায় লবণ উৎপন্ন করে।

$C+O_2 = CO_2$ (কার্বন ডাই-অক্সাইড) $\qquad CO_2+H_2O = H_2CO_3$ (কার্বনিক অ্যাসিড)

$4P+5O_2 = 2P_2O_5$ (ফসফরাস পেন্টোক্সাইড) $\qquad P_2O_5+3H_2O=2H_3PO_4$ (ফসফোরিক অ্যাসিড)

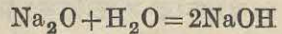
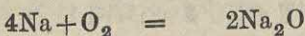
$S+O_2 = SO_2$ (সালফার ডাই-অক্সাইড) $\qquad SO_2+H_2O=H_2SO_3$ (সালফিউরাস অ্যাসিড)

$H_2CO_3+2NaOH = Na_2CO_3+2H_2O$; (সোডিয়াম কার্বনেট)

$2H_3PO_4+3Ca_3(OH)_2 = Ca_3(PO_4)_2+6H_2O$ (ক্যালসিয়াম ফসফেট)

$H_2SO_3+CaO = CaSO_3+H_2O$ (ক্যালসিয়াম সালফাইট)

উত্তপ্ত সোডিয়াম অক্সিজেনে উজ্জ্বল শিখা সহ জ্বলিয়া ক্ষারীয় অক্সাইড গঠন করে। জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম অক্সিজেনে তীব্র রশ্মি বিকিরণ করিয়া জ্বলিতে থাকে এবং মৃদু ক্ষারধর্মী অক্সাইড গঠন করে। অতি উত্তপ্ত ধাতব কপার অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া কালো কিউপ্রিক অক্সাইড দেয়। এইসব ধাতব অক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়া করিলে দ্রবণ লাল লিটমাসকে নীল করে এবং অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় লবণ উৎপন্ন করে।

$4Na+O_2 = 2Na_2O$ (সোডিয়াম অক্সাইড) $\qquad Na_2O+H_2O=2NaOH$

---

* বহুরূপতা-র সংজ্ঞা ও ব্যাখ্যা এই অধ্যায়ের 12 পৃষ্ঠায় দ্রষ্টব্য।

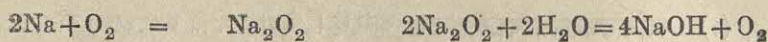
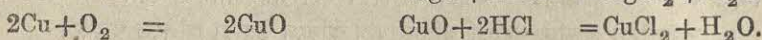
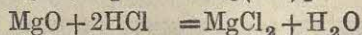
** যে রাসায়নিক সংযোগ তাপও সময় সময় আলো উৎপাদন সহ ঘটে তাহাকে দহন (combustion) বলে। দহনে অংশ গ্রহণকারী পদার্থের মধ্যে এক বা একাধিক গ্যাসীয় পদার্থ থাকিবে।

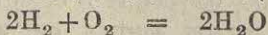
দহন কালে যে পদার্থটি জ্বলে তাহাকে দাহ্য পদার্থ (combustible body) এবং দাহ্য পদার্থকে ঘিরিয়া যে গ্যাসীয় পদার্থের মাধ্যম বর্তমান থাকে তাহাকে বলা হয় দহন-সহায়ক (supporter of combustion)। ইহার প্রধান বৈশিষ্ট্য হইল ইহা দাহ্য বস্তুর সহিত রাসায়নিক ভাবে মিলিত হইয়া দাহ্য বস্তুকে জারিত করে।

$2Na + O_2 = Na_2O_2$ (সোডিয়াম পার-অক্সাইড) $2Na_2O_2 + 2H_2O = 4NaOH + O_2$

$2Mg + O_2 = 2MgO$ $MgO + H_2O = Mg(OH)_2$

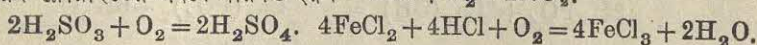
$MgO + 2HCl = MgCl_2 + H_2O$

$2Cu + O_2 = 2CuO$ $CuO + 2HCl = CuCl_2 + H_2O.$

হাইড্রোজেন গ্যাস অক্সিজেনে নীলাভ শিখা সহ জ্বলিয়া জল উৎপন্ন করে।

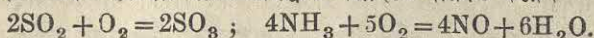
$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$

ক্লোরিন, ব্রোমিন, আয়োডিন প্রভৃতি অধাতু এবং প্লাটিনাম, গোল্ড প্রভৃতি ধাতু সরাসরি অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয় না।

এখানে উল্লেখ করা যাইতে পারে যে, অক্সিজেন কথাটির অর্থ অ্যাসিড উৎপাদক। কার্বন, ফসফরাস, সালফার প্রভৃতি অধাতু অক্সিজেনে দহন করিলে যে অক্সাইড উৎপন্ন হয় উহারা অ্যাসিডধর্মী এবং জলের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যাসিড উৎপন্ন করে। এই সকল ক্ষেত্রে অক্সিজেন নামটি সার্থক। সোডিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতি ধাতু অক্সিজেনে জ্বলিয়া ক্ষারীয় অক্সাইড গঠন করে, যাহা জলের সহিত বিক্রিয়ায় ক্ষারধর্মী জলীয় দ্রবণ উৎপন্ন করে। আবার হাইড্রোজেন অক্সিজেনে পুড়িয়া জল উৎপন্ন করে—যাহা প্রশম—অতএব, সকল ক্ষেত্রে অক্সিজেন নাম সার্থক নহে।

(৪) অক্সিজেন কোন কোন যৌগের অক্সিজেনের পরিমাণ বৃদ্ধি দ্বারা, আবার কোন কোন যৌগে অক্সিজেনের ন্যায় অপরা-তড়িৎধর্মী মৌল যোগ করিয়া **জারণ ক্রিয়া সম্পন্ন করে।** বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস অক্সিজেনের সহিত সরাসরি ক্রিয়া করিয়া গাঢ় বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গঠন করে। সালফিউরাস অ্যাসিড অক্সিজেনের উপস্থিতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড গঠন করে। আবার অ্যাসিড-যুক্ত বর্ণহীন ফেরাস ক্লোরাইড দ্রবণ অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া হলুদবর্ণের ফেরিক ক্লোরাইডের দ্রবণে পরিণত হয়। $2NO + O_2 = 2NO_2.$

$2H_2SO_3 + O_2 = 2H_2SO_4.$ $4FeCl_2 + 4HCl + O_2 = 4FeCl_3 + 2H_2O.$

বহু বিক্রিয়ায় প্রভাবকের উপস্থিতিতে অক্সিজেনের জারণ ক্ষমতা বা সক্রিয়তা বৃদ্ধি পায়।

যেমন, প্লাটিনাম প্রভাবক সাহায্যে অক্সিজেন সালফার ডাই-অক্সাইডকে সালফার ট্রাই-অক্সাইডে এবং অ্যামোনিয়াকে নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত করে।

$$2SO_2 + O_2 = 2SO_3 ; \quad 4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O.$$

(৫) ক্ষারীয় পটাসিয়াম পাইরোগ্যালেট দ্রবণ অক্সিজেন শোষণ করিয়া কালো হয়। অ্যামোনিয়া-যুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণও অক্সিজেন গ্যাস শোষণ করিতে পারে।

পরীক্ষার সাহায্যে বিশেষ বিশেষ ধর্মের প্রমাণঃ

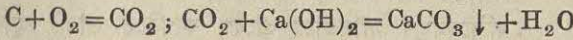
(১) অক্সিজেন নিজে দাহ্য নহে, তবে অন্য পদার্থের দহনের সহায়ক।

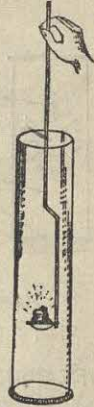
অক্সিজেন গ্যাসপূর্ণ একটি গ্যাসজারে একটি শিখাহীন জলন্ত পাটকাঠি প্রবেশ করানো মাত্রই উহা দপ্ করিয়া উজ্জ্বল শিখাসহ জ্বলিয়া উঠে, কিন্তু গ্যাস জ্বলে না।

(২) অক্সিজেন গ্যাসে **কতকগুলি অধাতু জ্বলিয়া অম্লধর্মী অক্সাইড দেয়।**

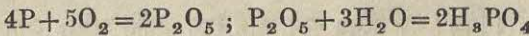
(অ) একটি উজ্জ্বলন চামচে (deflagrating spoon) একটুকরা ছোট কাঠকয়লা (কার্বন) লইয়া উহা বুনসেন শিখায় উত্তপ্ত করা হয়। এই উত্তপ্ত কার্বন সহ চামচটি

অক্সিজেনপূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করানোর পর দেখা যায় উহা উজ্জ্বল শিখা সহ জ্বলিয়া উঠে। কিছুক্ষণ পর কাঠকয়লা নিভিয়া গেলে উজ্জ্বলন চামচটি বাহিরে আনা হয় এবং গ্যাসজারে সামান্য জল দিয়া ঝাঁকানো হয়। এই জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করে এবং চুনজলকে ঘোলা করে। ইহাতে প্রমাণিত হয় কার্বন অক্সিজেনে জ্বলিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গঠন করে, যাহা জলে দ্রবীভূত হইয়া অ্যাসিড উৎপন্ন করে। কার্বন ডাই-অক্সাইড বা উহার জলীয় দ্রবণ চুনজলকে ঘোলা করে। ইহা কার্বন ডাই-অক্সাইডের সনাক্তকরণের একটি উপায়।

$$C + O_2 = CO_2 \; ; \; CO_2 + Ca(OH)_2 = CaCO_3 \downarrow + H_2O$$

অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট

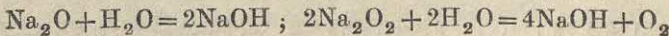
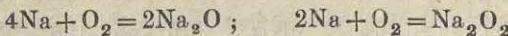
(আ) একই ভাবে একটুকরা জ্বলন্ত সালফার অক্সিজেন গ্যাসজারে প্রবেশ করাইলে উহা নীলাভ শিখায় জ্বলে এবং তীব্র ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত একটি গ্যাস উৎপন্ন করে। এই গ্যাস সালফার ডাই-অক্সাইড। গ্যাসজারে জল দিয়া ঝাঁকাইয়া জলীয় দ্রবণে নীল লিটমাস যোগ করা হইলে উহা লাল হয়। এই দ্রবণে অ্যাসিড যুক্ত পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট দ্রবণে সিক্ত কাগজ দিলে কাগজের বর্ণ সবুজ হয়। এই সকল পরীক্ষা দ্বারা সালফার ডাই-অক্সাইডকে চিনিতে পারা যায়।

চিত্র ২(৫)—উজ্জ্বলন চামচ

(ই) একখণ্ড জ্বলন্ত ফসফরাস একটি উজ্জ্বলন চামচে নিয়া উহা অক্সিজেনপূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করাইলে ফসফরাস তীব্রভাবে জ্বলিয়া উঠে এবং গ্যাসজারে সাদা ধোঁয়ার সৃষ্টি হয়। এই সাদা ধোঁয়া ফসফরাস পেণ্টোক্সাইড কণার সমষ্টি মাত্র। গ্যাসজারে জল দিয়া ঝাঁকাইলে যে দ্রবণ উৎপন্ন হয় উহা অ্যাসিডধর্মী। উহা নীল লিটমাসকে লাল করে।

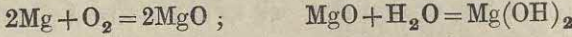
$$4P + 5O_2 = 2P_2O_5 \; ; \; P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$$

(৩) **কতকগুলি ধাতু অক্সিজেন গ্যাসে জ্বলিয়া ধাতব অক্সাইড গঠন করে।** অনেক ক্ষেত্রেই ধাতব অক্সাইডগুলি ক্ষারধর্মী হয়।

(অ) একটি উজ্জ্বলন চামচে ছোট এক টুকরা ধাতব সোডিয়াম উত্তপ্ত করিয়া অক্সিজেনপূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করাইলে উহা সোনালী শিখাসহ তীব্রভাবে জ্বলিয়া উঠে। বিক্রিয়াশেষে যে পদার্থ পড়িয়া থাকে তাহা জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণে লাল লিটমাস দ্রবণ যোগ করিলে উৎপন্ন দ্রবণটি নীল বর্ণে রূপান্তরিত হয়। ইহাতে প্রমাণিত হয়—সোডিয়াম অক্সিজেনে জ্বলিয়া যে অক্সাইড উৎপন্ন করে উহা ক্ষারধর্মী।

$$4Na + O_2 = 2Na_2O \; ; \qquad 2Na + O_2 = Na_2O_2$$

$$Na_2O + H_2O = 2NaOH \; ; \; 2Na_2O_2 + 2H_2O = 4NaOH + O_2$$

(আ) একটুকরা জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর ফিতা চিমটার সাহায্যে অক্সিজেনপূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করাইলে উহা তীব্র সাদা আলোকরশ্মির বিকিরণসহ উজ্জ্বল ভাবে জ্বলিতে থাকে। বিক্রিয়াশেষে যে সাদা অবশেষ পড়িয়া থাকে উহা মৃদু ক্ষারধর্মী

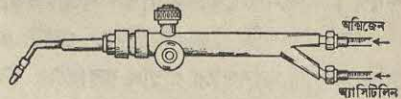
ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের ভস্ম। উহা জল দিয়া ফুটাইয়া জলীয় দ্রবণে বর্ণহীন ফিনলথ্যালিন যোগ করিলে দ্রবণটি লাল বর্ণ ধারণ করে।

$$2Mg + O_2 = 2MgO \; ; \qquad MgO + H_2O = Mg(OH)_2$$

(ই) অক্সিজেনপূর্ণ গ্যাসজারের তলায় বালির একটি আস্তরণ দেওয়া হয়। একখণ্ড লোহার তারের মাথায় সামান্য সালফার মাখাইয়া বা কাঠকয়লার টুকরা আটকাইয়া উহা বুনসেন দীপে জ্বালানো হয়। জ্বলন্ত সালফার বা কাঠের টুকরাসহ লোহার তারটি উক্ত অক্সিজেনপূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করাইলে তারটি স্ফুলিঙ্গ ছড়াইয়া জ্বলিতে দেখা যায় এবং বাদামী বর্ণের ফেরোসো-ফেরিক অক্সাইড জারের তলায় বালির উপর জমা হইতে থাকে। $3Fe + 2O_2 = Fe_3O_4$ (ফেরোসোফেরিক অক্সাইড)

এই অক্সাইড জলে দ্রবণীয় নহে।

চিত্র ২(৫ক)—অক্সিজেন গ্যাসে আয়রনের জ্বলন

(৪) **অক্সিজেন ক্ষারীয় পটাসিয়াম পাইরো-গ্যালেট দ্রবণে শোষিত হয়।** অক্সিজেনপূর্ণ একটি টেষ্টটিউব একটি কাচপাত্রে রাখা ক্ষারীয় পটাসিয়াম পাইরোগ্যালেট দ্রবণে উপুড় করিলে দেখা যায় পাত্রের দ্রবণ ধীরে ধীরে টেষ্টটিউবে প্রবেশ করিয়া উহাকে দ্রবণে পূর্ণ করে এবং উহার বর্ণ বাদামী বা কালো হয়। ইহাতে প্রমাণিত হয় অক্সিজেন ক্ষারীয় পটাসিয়াম পাইরোগ্যালেট দ্রবণ দ্বারা শোষিত হয় এবং শোষণের ফলে যে শূন্যতার সৃষ্টি হয় তাহা পূর্ণ হওয়ার জন্যই দ্রবণ দ্বারা টেষ্টটিউব পূর্ণ হয়।

অক্সিজেনের ব্যবহার ঃ (১) অক্সি-হাইড্রোজেন শিখা, অক্সি-অ্যাসিটিলিন শিখা এবং চুনের আলো উৎপাদনে প্রচুর অক্সিজেন ব্যবহৃত হয়। হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের গ্যাসীয় মিশ্রণ সরু নলের মুখে জ্বালাইলে অক্সি-হাইড্রোজেন শিখা নামে অত্যন্ত তাপ সৃষ্টিকারী (প্রায় 2000°C) শিখার সৃষ্টি হয়। ইহা আবার চুনের আলো (Lime-light) উৎপাদনেও লাগে। অক্সিজেন ও অ্যাসিটিলিন একত্রে জ্বলিয়া প্রায় 3200°C তাপ সৃষ্টিকারী অক্সি-অ্যাসিটিলিন শিখা দেয়। বিভিন্ন ধাতু ও কঠিন পদার্থ গলানোর জন্য এবং ধাতুর পাত জোড়া লাগানোর কাজে এইসকল শিখা খুবই প্রয়োজনীয়।

চিত্র ২(৬)—অক্সি-অ্যাসিটিলিন টর্চ

(২) সালফিউরিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্প পদ্ধতিতে প্রচুর অক্সিজেন ব্যবহৃত হয়। (৩) জীবনধারণের জন্য প্রাণীমাত্রেরই অক্সিজেন প্রয়োজন। প্রকৃতপক্ষে ইহার সঙ্গে জীবনের একটি নিবিড় সম্পর্ক বিদ্যমান। প্রাণিজগৎ কর্তৃক অক্সিজেনের ব্যবহারই ইহার শ্রেষ্ঠ ব্যবহার রূপে মনে করা যাইতে পারে। (৪) জলের নিচে ডুবুরীরা, বায়ুযানের চালকেরা এবং পর্বতারোহীরা অক্সিজেন ব্যবহার করে।

সাধারণতঃ তরল অক্সিজেন এইসব ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়। মুমূর্ষু রোগীর শ্বাসকার্য কৃত্রিম উপায়ে পরিচালনায়ও অক্সিজেন ব্যবহৃত হয়।

(৫) সূক্ষ্ম কাঠকয়লা চূর্ণে অক্সিজেন শোষণ করিয়া একটি বিস্ফোরক দ্রব্য প্রস্তুত করা হয় যাহা খনির খনন কাজে ব্যবহৃত হয়। বার্নিশ প্রস্তুতিতে তৈলকে ঘন করিতে অক্সিজেন লাগে।

সনাক্তকরণ ঃ (১) একটি শিখাহীন জলন্ত শলাকা অক্সিজেন গ্যাসে প্রবেশ করাইলে দপ্ করিয়া জ্বলিয়া উঠে। এই পরীক্ষা অক্সিজেনকে সাধারণভাবে সনাক্ত করিতে সাহায্য করে।

(২) বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইড অক্সিজেনের সংস্পর্শে গাঢ় বাদামী বা লাল বর্ণের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করে। $2NO+O_2=2NO_2$

(৩) ক্ষারীয় পটাসিয়াম পাইরোগ্যালেট দ্রবণ অক্সিজেন শোষণ করিলে বাদামী বর্ণ ধারণ করে।

অনুঘটক—অনুঘটন (Catalyst—Catalysis)

অনেক সময় রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কোন পদার্থের বিযোজন বা দুই পদার্থের সংযোগ অন্য কোনও বিশেষ পদার্থের উপস্থিতিতে দ্রুত বা মন্দ গতিতে সম্পন্ন হয়। অথচ এই বিশেষ পদার্থের কোন রাসায়নিক পরিবর্তন হয় না। **যেসকল পদার্থ শুধুমাত্র উপস্থিতি দ্বারা কোন বিক্রিয়ার গতি প্রভাবিত করে অথচ বিক্রিয়া শেষে যাহাদের ধর্ম, ওজন, গঠন-সংযুতি অপরিবর্তিত থাকে সেই সকল পদার্থকে বলা হয় অনুঘটক বা প্রভাবক (Catalyst) এবং রাসায়নিক ক্রিয়ার সহিত সম্পর্কহীন এইরূপ বাহিরের পদার্থের উপস্থিতি দ্বারা বিক্রিয়ার গতি ত্বরান্বিত বা মন্দীভূত হওয়ার প্রক্রিয়ার নাম অনুঘটন বা প্রভাবন (Catalysis)।**

যে সকল অনুঘটক বিক্রিয়ার গতি দ্রুততর করে তাহারা **ধনাত্মক অনুঘটক বা বর্ধক** ; পক্ষান্তরে, যে সকল অনুঘটক বিক্রিয়ার গতি মন্থর করে তাহারা **ঋণাত্মক অনুঘটক বা বাধক।**

ল্যাবরেটরীতে পটাসিয়াম ক্লোরেট ও ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া অক্সিজেন প্রস্তুত করা হয়। এই বিক্রিয়ায় ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড নিজে অপরিবর্তিত থাকিয়া পটাসিয়াম ক্লোরেটের বিযোজন ত্বরান্বিত করে। ইহা ধনাত্মক অনুঘটকের উদাহরণ। $2KClO_3+[MnO_2]=2KCl+3O_2+[MnO_2]$

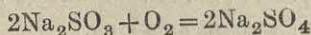
সালফার ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনের সংযোগে সালফার ট্রাই-অক্সাইডের উৎপত্তিতে প্লাটিনাম ধনাত্মক অনুঘটকের কাজ করে। $2SO_2+O_2=2SO_3$

শিল্প-পদ্ধতিতে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন হইতে অ্যামোনিয়া প্রস্তুতিতে আয়রন-চূর্ণ অনুঘটকরূপে ব্যবহার করা হয়। $N_2+3H_2=2NH_3$

হাইড্রোজেন পার অক্সাইড স্বতঃ বিযোজিত হয়। $2H_2O_2=2H_2O+O_2$

ইহাতে সামান্য সালফিউরিক অ্যাসিড দিলে উহার বিযোজন মন্থর হয়।

অক্সিজেন, সোডিয়াম সালফাইটকে সোডিয়াম সালফেটে জারিত করে।

$$2Na_2SO_3 + O_2 = 2Na_2SO_4$$

কিন্তু গ্লিসারিন সামান্য পরিমাণে যোগ করিলে এই জারণ ক্রিয়া মন্দীভূত হয়। উপরের দুইটি ক্ষেত্রে সালফিউরিক অ্যাসিড এবং গ্লিসারিন ঋণাত্মক অনুঘটক বা বাধক রূপে কাজ করে।

অনুঘটকের কয়েকটি লক্ষণ মনে রাখা দরকার।

(১) অনুঘটক শুধু কোন নির্দিষ্ট বিক্রিয়ার গতি বৃদ্ধি বা হ্রাস করে। ইহাতে অনুঘটকের নিজের কোন রাসায়নিক পরিবর্তন হয় না।

(২) সামান্য পরিমাণে অনুঘটকের উপস্থিতি বিক্রিয়ার গতি প্রভাবিত করিতে পারে। নাইট্রোজেনের ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণের সহিত সামান্য আয়রন চূর্ণ ব্যবহার করিয়া বহুল পরিমাণ অ্যামোনিয়া প্রস্তুত হইতে পারে।

(৩) অনুঘটক কোন বিক্রিয়ার সূত্রপাত করিতে পারে না অর্থাৎ যে ক্ষেত্রে বিক্রিয়া হয় না সেক্ষেত্রে অনুঘটকের ব্যবহার নিরর্থক। যে বিক্রিয়া ঘটে অনুঘটক শুধু তাহার গতির উপরই প্রভাব বিস্তার করিতে পারে অর্থাৎ বিক্রিয়ার গতি ত্বরান্বিত বা মন্দীভূত করিতে পারে।

(৪) উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থা অনুঘটক দ্বারা প্রভাবিত হয় না অর্থাৎ অনুঘটক উভমুখী বিক্রিয়ার দুই দিকের বিক্রিয়াকে সমানভাবে প্রভাবিত করে।

অনেক সময় দেখা যায়, অনুঘটকের সহিত অপর কোন পদার্থ সামান্য পরিমাণে মিশ্রিত করিলে অনুঘটকের প্রভাবন ক্ষমতা বাড়িয়া যায়। এইরূপ পদার্থকে বলা হয় **উদ্দীপক (Promoter)**। উদ্দীপক কিন্তু নিজে ঐ বিক্রিয়ার অনুঘটক নয়। ইহা অনুঘটকের উপর প্রভাব বিস্তার করিয়া মূল বিক্রিয়ার গতি প্রভাবিত করে মাত্র।

অ্যামোনিয়া প্রস্তুতিতে অনুঘটক আয়রন চূর্ণের সঙ্গে সামান্য পটাসিয়াম অক্সাইড (K_2O) এবং ক্রোমিক অক্সাইড (Cr_2O_3) অথবা মলিবডেনাম চূর্ণ উদ্দীপকরূপে ব্যবহৃত হয়।

আবার অনেক ক্ষেত্রে কোন কোন পদার্থের উপস্থিতিতে কোন নির্দিষ্ট অনুঘটকের ক্ষমতা সম্পূর্ণ নষ্ট হইয়া যায়। এই সব পদার্থ **অনুঘটক বিষ** (Catalyst poison) নামে পরিচিত। সালফার ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেন হইতে সালফার ট্রাই-অক্সাইড প্রস্তুতিতে প্লাটিনাম একটি উৎকৃষ্ট অনুঘটক। কিন্তু ধূলিকণা, আর্সেনাস অক্সাইড (As_2O_3), হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S) প্রভৃতির উপস্থিতি প্লাটিনামের পক্ষে বিষ ; কারণ এই সকল পদার্থ অনুঘটকের কর্মশক্তি একেবারে নষ্ট করিয়া দেয়।

বহুরূপতা (Allotropy)

অনেক সময় উপযুক্ত অবস্থায় একই মৌলিক পদার্থ ভিন্ন ভিন্ন রূপে অবস্থান করিতে পারে। যেমন অক্সিজেন গ্যাস দ্বি-পরমাণুক অর্থাৎ ইহার প্রতি অণু দুইটি পরমাণু দ্বারা গঠিত। আবার তিনটি অক্সিজেন পরমাণু বর্তমান থাকিয়া অন্য একটি পদার্থের অণু গঠিত হইতে দেখা যায়, যাহার নাম ওজোন। সুতরাং অক্সিজেনের

আণবিক সংকেত O_2 এবং ওজনের O_3। বস্তুত অক্সিজেন এবং ওজোন একই মৌলিক পদার্থের দুইটি ভিন্ন রূপ মাত্র। পরমাণুর সংখ্যার বিভিন্নতার জন্য ইহাদের ভৌত ধর্মে যথেষ্ট পার্থক্য সহ রাসায়নিক ধর্মেও অসমতা দৃষ্ট হয়। এইরূপে **যে ধর্মের জন্য কোন কোন মৌলিক পদার্থ প্রকৃতিতে একই ভৌত অবস্থায় থাকিয়া দুই বা ততোধিক রূপে অবস্থান করিতে পারে তাহাকে বহুরূপতা (Allotropy) বলে। মৌলিক পদার্থটির এই বিভিন্ন রূপকে উহার রূপভেদ (Allotropic modification) বলে। রূপভেদগুলির মধ্যে অবস্থাগত ধর্মের যথেষ্ট বৈসাদৃশ্য সহ কোন কোন রাসায়নিক ধর্মেও পার্থক্য দেখা যায়।** সাধারণত অল্প-পরিচিত রূপকেই ঐ মৌলের রূপভেদ বলিয়া চিহ্নিত করা হয়। অতএব অক্সিজেন একটি বহুরূপী মৌল এবং ওজোন ইহার একটি রূপভেদ। অণুর মধ্যে পরমাণু সংখ্যার পার্থক্য এবং অণুস্থিত পরমাণুগুলির বিন্যাসে বিভিন্নতাই মূলত বহুরূপতার কারণ। অক্সিজেন ব্যতীত কার্বন, সালফার, ফসফরাস এবং আরও অনেক মৌলের এইরূপ রূপভেদ আছে। এই সকল মৌলের বহুরূপতা সম্বন্ধে যথাস্থানে আলোচনা করা হইবে।

হাইড্রোজেন

(চিহ্ন—H, আণবিক সঙ্কেত H_2, পারমাণবিক গুরুত্ব-1·008)

স্যার হেনরী ক্যাভাণ্ডিস (1776 খ্রীঃ) প্রথম এই গ্যাস সঠিকভাবে আবিষ্কার করেন। তিনি ইহার নামকরণ করেন—দাহ্য বায়ু (inflammable air)। কারণ ইহা বায়ুতে জ্বলে। বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার (1783 খ্রীঃ) ইহার মৌলিকত্ব প্রমাণ করেন এবং নাম দেন হাইড্রোজেন বা জল উৎপাদক (water producer) ; কেননা ইহা বায়ুতে জ্বলিয়া জলে পরিণত হয়।

মুক্ত মৌল অবস্থায় প্রকৃতিতে ইহার পরিমাণ নগণ্য। যৌগাবস্থায় প্রকৃতিতে ইহার প্রাচুর্য উল্লেখযোগ্য। ইহার প্রধান উৎস জল। অ্যাসিড, ক্ষার এবং প্রায় সমস্ত জৈব যৌগেই হাইড্রোজেন আছে। উদ্ভিজ্জ ও খনিজ তৈল, চর্বি, কাঠ, কয়লা প্রভৃতি সমস্ত পদার্থেই হাইড্রোজেন যৌগরূপে বিদ্যমান। মৌল অবস্থায় আগ্নেয়গিরি হইতে উদ্ভূত গ্যাসে, কোন কোন প্রাকৃতিক গ্যাসে, সূর্যের পরিমণ্ডলে এবং কূপের বাতাসে অতি সামান্য হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি ঃ অ্যাসিড, ক্ষার এবং জল হইতে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা হয়।

(ক) অ্যাসিড হইতে ঃ

(অ) ল্যাবরেটরী পদ্ধতি ঃ সাধারণ তাপমাত্রায় জিঙ্কের ছিব্‌ড়া (granulated zinc) ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া দ্বারা ল্যাবরেটরীতে হাইড্রোজেন গ্যাস প্রস্তুত করা হয়। জিঙ্ক উক্ত অ্যাসিডের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিয়া জিঙ্ক সালফেট তৈরী করে। $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$.

একটি দুই-মুখ বিশিষ্ট উল্‌ফ্‌ বোতলে কিছুটা জিঙ্কের ছিব্‌ড়া লইয়া উহাতে জল ঢালা হয়। ছিপির মাধ্যমে একমুখে একটি দীর্ঘনাল ফানেল (থিস্‌ল্‌ ফানেল) এবং অপর মুখে একটি বাঁকানো নির্গম নল প্রবেশ করানো হয়। দীর্ঘনাল ফানেলের শেষ প্রান্ত এবং জিঙ্কের ছিব্‌ড়া যেন জলের তলায় ডুবানো থাকে, আর নির্গম নলের তলার দিক জলের অনেক উপরে থাকে।

বোতলটি অতি অবশ্যই সম্পূর্ণ বায়ুরোধী (air-tight) হওয়া দরকার। হাইড্রোজেন

ও বায়ুর মিশ্রণ অগ্নিস্পর্শে প্রচণ্ড বিস্ফোরণ ঘটায়। সেইজন্য হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপাদনের পূর্বে উলফ্ বোতল বায়ুরোধী করা প্রয়োজন। নির্গম নলের শেষ প্রান্ত গ্যাসদ্রোণীর জলে নিমজ্জিত মধুকোষ পীঠের তলায় ডুবানো হয়।

অতঃপর দীর্ঘনাল ফানেল দিয়া কিছু লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড (1 : 3) ঢালিয়া বোতলটি আস্তে আস্তে নাড়িতে হয়। জিঙ্ক অ্যাসিডের সংস্পর্শে আসা মাত্রই বিক্রিয়া সুরু হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গম নল দিয়া বাহির হইতে থাকে। উল্ফ্ বোতল এবং নির্গম নলের সমস্ত বায়ু বাহির হওয়া পর্যন্ত কিছুক্ষণ গ্যাসকে বুদ্বুদ্ আকারে বাহির হইতে দিতে হয়। নির্গত হাইড্রোজেন গ্যাস বায়ুমুক্ত কিনা তাহা দেখিবার জন্য একটি জলপূর্ণ টেষ্টটিউব নির্গম নলের মুখে উপুড় করিয়া উহাতে জলের অপসারণ দ্বারা হাইড্রোজেন সংগ্রহ করা হয়। হাই-ড্রোজেনপূর্ণ টিউবটি অঙ্গুলি দ্বারা বন্ধ করিয়া বাহিরে আনিয়া অঙ্গুলি সরাইয়া টেষ্ট টিউবের মুখ বুনসেন দীপের শিখার কাছে ধরিলে যদি কোন বিস্ফোরণ না ঘটাইয়া গ্যাসটি শুধু নীল শিখায় জ্বলিতে থাকে তবে বুঝিতে হইবে যে উল্ফ্ বোতল এবং নির্গমনলে আর বায়ু নাই। অতঃপর জলভর্তি গ্যাসজার নির্গম নলের মুখের উপর উপুড় করিয়া রাখা হয়। গ্যাসজারেও যেন কোন বায়ু না থাকে। হাইড্রোজেন গ্যাস জলের নিম্নাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সঞ্চিত হয়।

চিত্র ২(৭)—ল্যাবরেটরীতে হাইড্রোজেন প্রস্তুতি

দ্রষ্টব্য : এই উপায়ে হাইড্রোজেন প্রস্তুতি ও সংগ্রহকালে কতকগুলি বিষয়ে **সতর্কতা** অবলম্বনের প্রয়োজন। (১) দীর্ঘনাল ফানেলের শেষ প্রান্ত এবং জিঙ্কের ছিবড়া যেন সর্বদা জলের নীচে ডুবানো থাকে। (২) উল্ফ্ বোতলে লাগানো কর্ক এবং কর্কে লাগানো কাচনলগুলির সংযোগ সম্পূর্ণ বায়ুরোধী হওয়া দরকার। বোতল বায়ুরুদ্ধ আছে কিনা দেখিবার জন্য নির্গম নলের শেষ প্রান্তে মুখ লাগাইয়া ফুঁ দিতে হয়। ইহাতে বাতাস বোতলের মধ্যে প্রবেশ করিয়া জলের উপর চাপ সৃষ্টি করে ; ফলে, জল দীর্ঘনাল ফানেল বাহিয়া উপরে উঠে। অতঃপর নির্গম নলের মুখটি বৃদ্ধাঙ্গুষ্ঠ দ্বারা চাপিয়া ধরিলে যদি দেখা যায় জল ফানেল হইতে নামিতেছে না, তাহা হইলে বুঝিতে হইবে যন্ত্রটি বায়ুরুদ্ধ হইয়াছে। (৩) গ্যাস সংগ্রহের পূর্বে উলফ বোতলের সমস্ত বায়ু বাহির করিয়া দিতে হইবে। (৪) গ্যাস সংগ্রহের জন্য ব্যবহৃত গ্যাসজারে বায়ু থাকা চলিবে না। (৫) কাছাকাছি কোন অগ্নিশিখা যেন না থাকে।

এই সঙ্গে আরও কতকগুলি বিষয়ে অবহিত হওয়া দরকার।

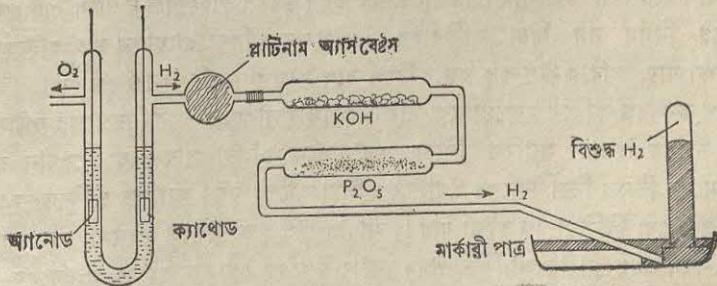
(১) সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ জিঙ্ক লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করে না, অথবা খুব মন্থর গতিতে সামান্য ক্রিয়া করে। সেইজন্য বাজারের জিঙ্ক (commercial zinc) ব্যবহার করিতে হয়। জিঙ্কের ছিব্ড়া ব্যবহার করাই ভাল। বিশুদ্ধ জিঙ্কে সামান্য কপার সালফেট দ্রবণ যোগ করিলে জিঙ্কের উপর কপারের একটি আস্তরণ পড়ে। এইরূপ জিঙ্ক ব্যবহার করা যায়। (২) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত জিঙ্কের বিক্রিয়ায় কিছুটা অ্যাসিড বিজারিত হইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে বলিয়া লঘু শীতল সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করিতে হয়। (৩) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে লঘু

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা যায়; তবে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহার করিলে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের সঙ্গে উদ্বায়ী হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ধোঁয়া মিশ্রিত থাকে, সেইজন্য গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয় না।

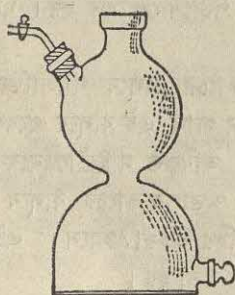
হাইড্রোজেনের বিশুদ্ধিকরণ ঃ পণ্য জিঙ্ক এবং পণ্য সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় প্রাপ্ত হাইড্রোজেন বিশুদ্ধ নহে। ইহার সহিত সামান্য পরিমাণ হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S), ফসফিন (PH_3), আর্সিন (AsH_3), সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2), কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2), নাইট্রোজেনের অক্সাইড, জলীয় বাষ্প ও খুব সামান্য পরিমাণ নাইট্রোজেন থাকে। এই অবিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাসকে পর্যায়ক্রমে U-নলে রক্ষিত লেড নাইট্রেট দ্রবণ, সিলভার সালফেট দ্রবণ ও কঠিন কষ্টিক পটাসে চালনা করা হয় এবং শেষে গ্যাস-ধৌত বোতলে রক্ষিত ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। ইহাতে হাইড্রোজেন সালফাইড লেডনাইট্রেট দ্রবণে, ফসফিন ও আর্সিন সিলভার সালফেট দ্রবণে, সালফার ডাই-অক্সাইড, কার্বন ডাই-অক্সাইড ও নাইট্রোজেন-অক্সাইড কঠিন কষ্টিক পটাসে শোষিত হয়। ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড জলীয় বাষ্প শোষণ করে।

নাইট্রোজেন মুক্ত করার জন্য একটি কাচের বাল্‌বে প্যালাডিয়াম ধাতুর পাত রাখিয়া বায়ুশূন্য করা হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস এই বাল্‌বে প্রবেশ করানো হয়। প্যালাডিয়াম হাইড্রোজেন শোষণ করে। অবিকৃত নাইট্রোজেনকে বাল্‌ব হইতে পাম্পের সাহায্যে বাহির করিয়া দেওয়া হয়। অতঃপর কাচের বাল্‌বে উত্তাপ প্রয়োগ করিলে শোষিত হাইড্রোজেন গ্যাসরূপে বাহির হইয়া আসে। এই শুষ্ক ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন মার্কারীর নিম্নাপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

অতি বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন প্রস্তুতি ঃ একটি U-টিউবে বেরিয়াম হাইড্রোক্সাইডের পাতলা, উষ্ণ জলীয় দ্রবণ নিকেল তড়িৎদ্বার ব্যবহার করিয়া তড়িৎ বিশ্লেষণ করিলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন পাওয়া যাইবে। $2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$

এই হাইড্রোজেন গ্যাসকে উত্তপ্ত প্লাটিনাম যুক্ত অ্যাসবেস্টসের মধ্য দিয়া অতিক্রম করাইলে উহাতে অশুদ্ধি হিসাবে উপস্থিত অক্সিজেন জলে পরিণত হয়। অতঃপর গ্যাসকে পর্যায়ক্রমে কষ্টিক পটাস ও ফসফরাস পেন্টোক্সাইডের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করাইয়া জলীয় বাষ্প দূর করার পর মার্কারীর অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

চিত্র ২(৮)—বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন প্রস্তুতি

কিপ্‌যন্ত্রে (Kipp's apparatus) হাইড্রোজেন প্রস্তুতি ঃ

প্রয়োজনমত ও নিয়মিত হাইড্রোজেন পাইতে হইতে কিপ্‌যন্ত্রে উহা উৎপাদন করা হয়। কিপ্‌যন্ত্রের কার্যপ্রণালীর বৈশিষ্ট্য হইল প্রয়োজন মত যেমন গ্যাসটি প্রস্তুত করা যায়, তেমনি প্রয়োজনের শেষে সঙ্গে সঙ্গেই উৎপাদন বন্ধ করা যায়। কিপ্‌যন্ত্র তিনটি গোলকে সংযুক্ত কাচের একটি গ্যাস-উৎপাদক যন্ত্র বিশেষ। ইহা দুইটি অংশে ভাগ করা আছে। প্রথম বা উপরের অংশ (ক) একটি গোলক যাহার তলদেশে একটি দীর্ঘ নল বর্তমান। একটি পূর্ণ গোলক ও একটি অর্ধ গোলক পরস্পর যুক্ত থাকিয়া দ্বিতীয় অংশ বা নিচের অংশ (খ) গঠন করে। দুইটি অংশের আকৃতি এইরূপ যে প্রথম অংশ অর্থাৎ দীর্ঘনল যুক্ত প্রথম গোলকটি দ্বিতীয় অংশের পূর্ণ গোলকের মুখে দৃঢ়ভাবে বসে এবং ইহার দীর্ঘনলের শেষ প্রান্ত অর্ধগোলকটির প্রায় তলা পর্যন্ত যায়। মাঝখানের পূর্ণ গোলকে রবার কর্কের মাধ্যমে স্টপ্‌কক্ যুক্ত একটি নির্গম নল আছে। হাইড্রোজেন গ্যাস এই মধ্য গোলকে প্রস্তুত হয় এবং প্রয়োজনমত নির্গম নল দ্বারা বাহিরে আনা হয়। অ্যাসিড বা ব্যয়িত তরলের নির্গমনের জন্য নিচের অর্ধগোলকে একটি বহির্দ্বার থাকে।

চিত্র ২(৯)—কিপ্‌যন্ত্রের অংশ

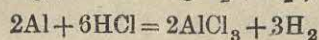
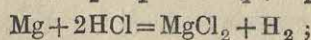
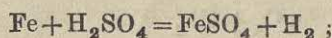
হাইড্রোজেন প্রস্তুতির জন্য কিপ্‌যন্ত্রের মধ্যগোলকে জিঙ্কের ছিব্‌ড়া লওয়া হয়। উপরের গোলকের সঙ্গে যুক্ত ফানেলের মধ্য দিয়া লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালা হয়। এই অ্যাসিড নিচের অর্ধগোলক পূর্ণ করিয়া মাঝের গোলকে আসিলেই জিঙ্ক ও অ্যাসিডের সংযোগ ঘটে এবং তৎক্ষণাৎ বিক্রিয়া আরম্ভ হয়। উৎপন্ন হাইড্রোজেন গ্যাস এই গোলক সংলগ্ন নির্গম নল দিয়া বাহির হয়। স্টপ্‌কক্ খুলিয়া প্রয়োজন মত হাইড্রোজেন পাওয়া যায়, আবার স্টপ্‌কক্ বন্ধ করিলে সঙ্গে সঙ্গে গ্যাস নির্গমনও বন্ধ হয়।

স্টপ্‌কক্ বন্ধ করিলে মধ্যগোলকে সঞ্চিত গ্যাস অ্যাসিডের উপর নিম্নচাপের সৃষ্টি করে। এই চাপের প্রভাবে অ্যাসিড নিচের অর্ধগোলকে চলিয়া যায় এবং সেখান হইতে দীর্ঘনলের ভিতর দিয়া উপরের গোলকে চলিয়া আসে। ফলে অ্যাসিড ও জিঙ্কের সংযোগ ছিন্ন হয় এবং বিক্রিয়া বন্ধ হইয়া যায়। আবার স্টপ্‌কক্ খুলিলে মধ্যগোলকের গ্যাসের চাপ কমে এবং পুনরায় অ্যাসিড প্রথম অর্থাৎ উপরের গোলক হইতে দীর্ঘনলের মধ্য দিয়া মধ্যগোলকের জিঙ্কের ছিবড়ার সান্নিধ্যে আসিয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

দ্রষ্টব্য ঃ এই যন্ত্রের সাহায্যে যে সকল গ্যাস উৎপন্ন হয় উহারা সাধারণ তাপমাত্রায় তৈরী হয় এবং উহাদের প্রস্তুতির দুইটি উপাদানের মধ্যে একটি তরল ও একটি কঠিন হইতে হইবে।

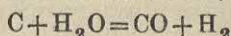
উল্ফ্ বোতলে হাইড্রোজেন প্রস্তুতিকালে জিঙ্কের ছিব্‌ড়া ও লঘু অ্যাসিড পরস্পর সান্নিধ্যে থাকে এবং যতক্ষণ উহাদের অন্ততঃ একটি রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সম্পূর্ণ নিঃশেষ না হয় ততক্ষণ হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইতে থাকে। এই হাইড্রোজেন নির্গমনে কোন নিয়ন্ত্রণ থাকে না।

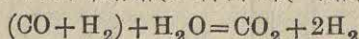
(অ) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড বা লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত **আয়রন, ম্যাগনেসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম** প্রভৃতি ধাতুর বিক্রিয়ায়ও হাইড্রোজেন পাওয়া যায়। তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণীতে যে সকল ধাতু হাইড্রোজেনের উপরে অবস্থিত তাহারাই প্রকৃতপক্ষে অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করিতে পারে। যে ধাতুর স্থান যত উপরে, লঘু অ্যাসিডের সহিত উহার বিক্রিয়া তত তীব্রভাবে হয়।

$Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2$;
$Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2$;
$2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2$

চিত্র ২(৯ক)—কিপ্ যন্ত্র

(খ) জল হইতে হাইড্রোজেন প্রস্তুতি ঃ

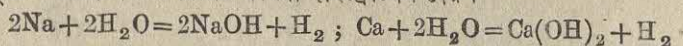
(অ) কার্বনের সহিত বিক্রিয়ায় ঃ 1000°C তাপমাত্রায় লোহিত-তপ্ত কার্বনের উপর দিয়া স্টীম পাঠাইলে কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেনের সম আয়তনের একটি মিশ্রণ পাওয়া যায়। এই গ্যাস-মিশ্রণকে বলা হয় ওয়াটার গ্যাস (water gas)।

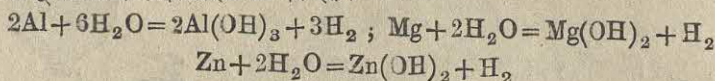
$$C + H_2O = CO + H_2$$

এখন এই মিশ্রণ হইতে কার্বন-মনোক্সাইড অপসারিত করিলে হাইড্রোজেন পাওয়া যাইবে। ওয়াটার গ্যাসকে অতিরিক্ত স্টীমের সহিত মিশ্রিত করিয়া 400°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত ফেরিক অক্সাইড (অনুঘটক) ও ক্রোমিক অক্সাইডের (উদ্দীপক) উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে কার্বন মনোক্সাইড কার্বন ডাই-অক্সাইডে জারিত হয়।

$$(CO + H_2) + H_2O = CO_2 + 2H_2$$

স্টীম হইতে আরও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। এই কার্বন ডাই-অক্সাইড (কিছু অবিকৃত কার্বন মনোক্সাইড) ও হাইড্রোজেন গ্যাসের মিশ্রণ উপযুক্ত চাপে জল, কষ্টিক সোডা এবং ক্ষারীয় কিউপ্রাস ফর্মেটের দ্রবণের মধ্য দিয়া পর্যায়ক্রমে চালনা করিলে জল ও কষ্টিক সোডা কার্বন ডাই-অক্সাইডকে এবং কিউপ্রাস ফর্মেট কার্বন মনোক্সাইডকে শোষণ করে। এইভাবে ওয়াটার গ্যাস হইতে হাইড্রোজেন প্রস্তুতির পদ্ধতিকে **বস্ প্রণালী** বলা হয়। ইহা হাইড্রোজেন প্রস্তুতির একটি শিল্প-পদ্ধতি।

(আ) ধাতুর সহিত বিক্রিয়ায় ঃ সাধারণ তাপমাত্রায় সোডিয়াম, পটাসিয়াম ও ক্যালসিয়াম প্রভৃতি ধাতু জলকে বিশ্লিষ্ট করিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে এবং

সঙ্গে ধাতব হাইড্রোক্সাইড গঠিত হয়। সোডিয়াম, পটাসিয়াম ধাতুর সহিত জলের বিক্রিয়া প্রায়ই বিস্ফোরণ সহ তীব্রভাবে হয়। ক্যালসিয়ামের সহিত এই বিক্রিয়া অপেক্ষাকৃত ধীরে হইতে দেখা যায়। তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণীতে শীর্ষ স্থানাধিকারী ধাতুগুলি ঠাণ্ডা জলকে বিশ্লিষ্ট করিয়া হাইড্রোজেন দেয়।

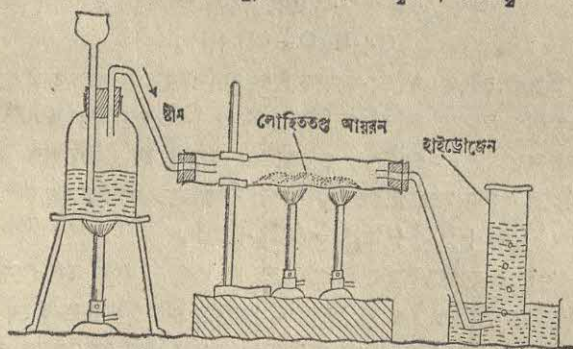
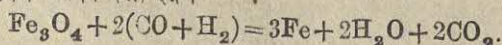
$$2Na+2H_2O=2NaOH+H_2\ ;\ Ca+2H_2O=Ca(OH)_2+H_2$$

বিচূর্ণ অ্যালুমিনিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম বা উহাদের পারদ-সঙ্কর এবং জিঙ্ক-কপার যুগ্ম (জিঙ্কের উপর কপারের প্রলেপ দেওয়া) জলে ফুটাইলে হাইড্রোজেন নির্গত হয় এবং ধাতুগুলির হাইড্রোক্সাইড উৎপন্ন-হয়।

$$2Al+6H_2O=2Al(OH)_3+3H_2\ ;\ Mg+2H_2O=Mg(OH)_2+H_2$$
$$Zn+2H_2O=Zn(OH)_2+H_2$$

শ্বেত-তপ্ত ম্যাগনেসিয়াম ও জিঙ্ক স্টীমকে বিশ্লিষ্ট করিয়া হাইড্রোজেন দেয় এবং ধাতুর অক্সাইড উৎপন্ন হয়। $Mg+H_2O=MgO+H_2$; $Zn+H_2O=ZnO+H_2$

লোহিত-তপ্ত আয়রনের (600° – 800°C) উপর দিয়া স্টীম পরিচালনা করিলে স্টীম বিশ্লিষ্ট হইয়া হাইড্রোনেজ নির্গত করে এবং ট্রাইফেরিক টেট্রোক্সাইড বা ফেরোসো-ফেরিক অক্সাইড গঠিত হয়। $3Fe+4H_2O=Fe_3O_4+4H_2$

এই বিক্রিয়া হাইড্রোজেনের শিল্প প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয় এবং এই পদ্ধতিকে বলা হয় **লেন প্রণালী**।

শিল্প-পদ্ধতিতে এই বিক্রিয়ায় উৎপন্ন আয়রন অক্সাইডকে ওয়াটার গ্যাস দ্বারা আয়রনে বিজারিত করা হয় এবং এই আয়রনের উপর দিয়া পুনরায় স্টীম প্রবাহিত করিয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করা হয়।

$$Fe_3O_4+2(CO+H_2)=3Fe+2H_2O+2CO_2.$$

চিত্র ২(১০)—স্টীম আয়রন পদ্ধতি

একই আয়রন ব্যবহারে প্রচুর হাইড্রোজেন পাওয়া সম্ভব বলিয়া এই পদ্ধতি শিল্পে সার্থক হইতে পারিয়াছে।

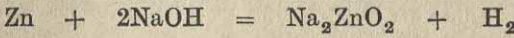
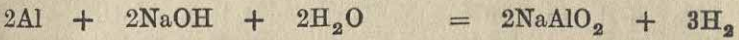
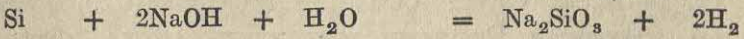
(ই) জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা ঃ কষ্টিক সোডার (20%) দ্রবণকে লোহার পাত ক্যাথোড ও নিকেলের প্রলেপ দেওয়া লোহার পাত অ্যানোড রূপে ব্যবহার

করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। সাধারণ লবণ-দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণেও প্রচুর হাইড্রোজেন উপজাত হিসাবে পাওয়া যায়। তড়িৎ-বিশ্লেষণ-প্রণালীর আলোচনার পর যথাস্থানে এই পদ্ধতির বিস্তারিত ব্যাখ্যা দেওয়া হইবে।

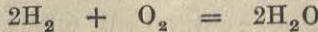
(গ) **ক্ষার হইতে হাইড্রোজেন প্রস্তুতি ঃ** উত্তপ্ত গাঢ় কষ্টিক সোডা বা কষ্টিক পটাস দ্রবণের সহিত জিঙ্ক, অ্যালুমিনিয়াম ধাতুর চূর্ণ অথবা অধাতব সিলিকন বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

$$Zn + 2NaOH = \underset{\text{সোডিয়াম জিঙ্কেট}}{Na_2ZnO_2} + H_2$$

$$2Al + 2NaOH + 2H_2O = \underset{\text{সোডিয়াম অ্যালুমিনেট}}{2NaAlO_2} + 3H_2$$

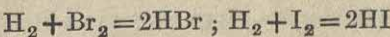
$$Si + 2NaOH + H_2O = \underset{\text{সোডিয়াম সিলিকেট}}{Na_2SiO_3} + 2H_2$$

ধর্ম—ভৌত ঃ (১) হাইড্রোজেন গন্ধহীন, বর্ণহীন, স্বাদহীন গ্যাসীয় পদার্থ। (২) ইহা সর্বাপেক্ষা হাল্কা মৌল। (৩) জলে ইহার দ্রাব্যতা খুবই কম। (৪) ইহাকে তরল অবস্থায় পরিণত করা খুবই কষ্টকর। (৫) ইহা প্যালাডিয়াম ধাতু কর্তৃক সহজেই শোষিত হয়।

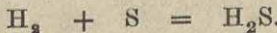
রাসায়নিক ঃ (১) হাইড্রোজেন দাহ্য গ্যাস, কিন্তু অপরের দহনের সহায়ক নহে। অক্সিজেন বা বায়ুতে হাইড্রোজেন গ্যাস পুড়াইলে হাইড্রোজেন নীলাভ শিখার সহিত জলে এবং জল উৎপন্ন হয়।

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$

এই বিক্রিয়ার জন্যই ইহার নাম হাইড্রোজেন বা জল-উৎপাদক।

(২) বিশেষ বিশেষ অবস্থায় **অনেক অধাতু হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়।** হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের মিশ্রণ অন্ধকারে কোন ক্রিয়া করে না। কিন্তু এই দুই গ্যাসের মিশ্রণ সূর্যালোকে রাখিলে বা উত্তপ্ত করিলে বিস্ফোরণ সহ বিক্রিয়া ঘটে এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। $H_2 + Cl_2 = 2HCl$.

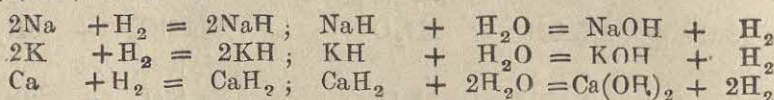
হাইড্রোজেন ও ব্রোমিন উত্তপ্ত করিলে হাইড্রোজেন ব্রোমাইড গঠিত হয়। হাইড্রোজেন ও আয়োডিন উত্তপ্ত অনুঘটকের উপস্থিতিতে যুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন আয়োডাইড উৎপন্ন করে।

$$H_2 + Br_2 = 2HBr \; ; \; H_2 + I_2 = 2HI$$

বিচূর্ণ সালফারকে উত্তাপ প্রয়োগে গলাইয়া এই গলিত সালফারে হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা করিলে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস তৈরী হয়।

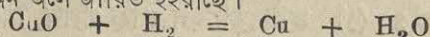
$$H_2 + S = H_2S.$$

উচ্চ বায়ুচাপে (200 অ্যাটম্‌স্‌ফিয়ার) ও তাপমাত্রায় (550°C) আয়রন চূর্ণ অনুঘটকের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেন যুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$.

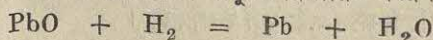
তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গের সাহায্যে কার্বন ও হাইড্রোজেন সংযুক্ত হইয়া অ্যাসিটিলিন নামক হাইড্রোকার্বন গঠন করে। $2C + H_2 = C_2H_2$.

(৩) কয়েকটি ধাতুর সহিত হাইড্রোজেন যুক্ত হইয়া **ধাতুর হাইড্রাইড** গঠন করে। উত্তপ্ত সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম ধাতুর উপর শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহিত করিলে যথাক্রমে সোডিয়াম হাইড্রাইড, পটাসিয়াম হাইড্রাইড ও ক্যালসিয়াম হাইড্রাইড উৎপন্ন হয়। ক্যালসিয়াম হাইড্রাইডকে হাইড্রোলিথ্ বলা হয়। এই সকল ধাতব হাইড্রাইড জলের সহিত বিক্রিয়ায় আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া হাইড্রোজেন ও ধাতব হাইড্রোক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$2Na + H_2 = 2NaH; \quad NaH + H_2O = NaOH + H_2$$
$$2K + H_2 = 2KH; \quad KH + H_2O = KOH + H_2$$
$$Ca + H_2 = CaH_2; \quad CaH_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + 2H_2$$

(৪) **হাইড্রোজেন বিজারকের কাজ করিতে পারে।** হাইড্রোজেন কতকগুলি উত্তপ্ত ধাতব অক্সাইডকে অক্সিজেন অপসারণ দ্বারা ধাতুতে বিজারিত করে এবং নিজে জলে জারিত হয়।

উত্তপ্ত কালো কিউপ্রিক অক্সাইডের উপর দিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা করিলে লাল বর্ণের ধাতব কপার ও জল উৎপন্ন হয়। এখানে কিউপ্রিক অক্সাইড ধাতুতে বিজারিত এবং হাইড্রোজেন জলে জারিত হইয়াছে।

$$CuO + H_2 = Cu + H_2O$$

একই ভাবে হাইড্রোজেন লেড অক্সাইডকে ধাতুতে বিজারিত করে।

$$PbO + H_2 = Pb + H_2O$$

অন্তর্ধৃতি (Occlusion) : প্যালাডিয়াম, প্লাটিনাম, কোবাল্ট, নিকেল প্রভৃতি ধাতু উত্তপ্ত করিলে, এমনকি সাধারণ উষ্ণতায়, হাইড্রোজেন গ্যাস শোষণ করে। প্যালাডিয়াম ধাতুর হাইড্রোজেন শোষণ করার ক্ষমতা সর্বাধিক। ধাতুর এই প্রকার গ্যাস শোষণ ক্ষমতার নাম অন্তর্ধৃতি (Occlusion) এবং শোষিত হাইড্রোজেনকে বলা হয় অন্তর্ধৃত হাইড্রোজেন (Occluded hydrogen)। ধাতুগুলি বিচূর্ণ অবস্থায় বেশী পরিমাণ হাইড্রোজেন শোষণ করিতে পারে। বস্তুত এই অন্তর্ধৃতিতে হাইড্রোজেন কঠিন ধাতুতে দ্রবীভূত হইয়া থাকে মাত্র, অর্থাৎ ইহাকে কঠিনের মধ্যে গ্যাসের দ্রবণ বলা যাইতে পারে। উত্তপ্ত করিলেই অন্তর্ধৃত হাইড্রোজেন ধাতু হইতে বাহির হইয়া আসে। অতি বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন প্রস্তুতিতে ইহা কাজে লাগানো হয়।

সাধারণ হাইড্রোজেন অপেক্ষা অন্তর্ধৃত হাইড্রোজেনের রাসায়নিক সক্রিয়তা বেশী। হলুদ ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণে হাইড্রোজেন-অন্তর্ধৃত প্যালাডিয়াম মিশাইলে ফেরাস ক্লোরাইডের বর্ণহীন দ্রবণ উৎপন্ন হয়। সাধারণভাবে প্রস্তুত হাইড্রোজেন এইরূপ ক্রিয়া করে না।

পরীক্ষার সাহায্যে হাইড্রোজেনের বিশেষ বিশেষ ধর্মের প্রমাণ:

(১) **হাইড্রোজেন দাহ্য কিন্তু দহনের সহায়ক নহে।** হাইড্রোজেনপূর্ণ একটি গ্যাসজার উপুড় করিয়া উহার ভিতর একটি জলন্ত পাটকাঠি প্রবেশ করাইলে

দেখা যায় পাটকাঠি নিবিয়া গিয়াছে, কিন্তু হাইড্রোজেন গ্যাস গ্যাসজারের মুখে ঈষৎ নীল শিখা সহ জ্বলিতেছে। [চিত্র ২ (১১)]

(২) অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন বিস্ফোরণ সহ যুক্ত হয়। একটি মোটা ও শক্ত কাচের বোতলে জলের অপসারণ দ্বারা উহার $\frac{2}{3}$ অংশ হাইড্রোজেন ও পরে $\frac{1}{3}$ অংশ অক্সিজেন দ্বারা পূর্ণ করা হয়। এখন বোতলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণ 2 : 1 আয়তনিক অনুপাতে আছে। বোতলের মুখ শক্ত কাচের ছিপি দ্বারা বন্ধ করিয়া মুখটি দড়ি দিয়া ভাল ভাবে বাঁধিয়া দেওয়া হয়। বোতলটি একটি তোয়ালে বা কোন শক্ত মোটা বস্ত্র দ্বারা আচ্ছাদিত করিয়া ভালভাবে ঝাঁকানোর পর খুব সাবধানে বোতলের মুখ খুলিয়া বার্নারের শিখার সামনে ধরিলেই সঙ্গে সঙ্গে প্রচণ্ড বিস্ফোরণ সহ গ্যাস-মিশ্রণ জ্বলিয়া উঠে।

চিত্র ২(১১)—হাইড্রোজেনের জ্বলন

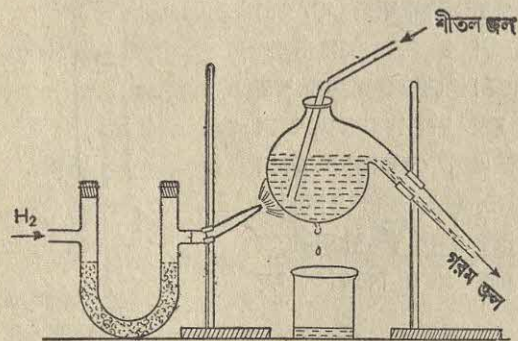
(৩) হাইড্রোজেন বাতাস অপেক্ষা হাল্কা। রবারের বা প্লাস্টিকের একটি বেলুন হাইড্রোজেন গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করিয়া উহার মুখ লম্বা সুতা দিয়া বাঁধিয়া ঘরের মধ্যে ছাড়িয়া দিলে দেখা যায় উহা ক্রমশঃ উপরের দিকে উঠিয়া ছাদে গিয়া ঠেকিয়াছে। ইহাতে প্রমাণিত হয় হাইড্রোজেন গ্যাস বায়ু অপেক্ষা হাল্কা। অধিকন্তু—

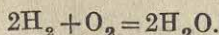
একটি গ্যাসজার হাইড্রোজেন গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করিয়া ঢাকা দেওয়া হয়। উহার উপর অন্য একটি খালি অর্থাৎ বায়ুপূর্ণ গ্যাসজার উপুড় করিয়া রাখিয়া ঢাকনা সরানো হয়। কিছুক্ষণ পর উপরের গ্যাসজারের মধ্যে একটি জ্বলন্ত পাটকাঠি প্রবেশ করাইলে দেখা যাইবে পাটকাঠিটি নিবিয়া গিয়াছে এবং গ্যাসটি নীলাভ শিখায় গ্যাসজারের মুখে জ্বলিতেছে। ইহা প্রমাণ করে যে নিচের গ্যাসজারের হাইড্রোজেন বায়ু অপেক্ষা হাল্কা বলিয়া উপরের গ্যাসজারে চলিয়া যায়। [চিত্র ২ (১২)]

চিত্র ২(১২)—হাইড্রোজেন বায়ু অপেক্ষা হাল্‌কা

(৪) হাইড্রোজেন বাতাসে পুড়িলে জল উৎপন্ন করে ঃ অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড পূর্ণ একটি U-নলের এক বাহুর ছোট নল কিপ্‌ যন্ত্রের সহিত যুক্ত করা হয়। অপর বাহুর ছোট নলের সহিত একটি নির্গম নল লাগানো আছে। এই নির্গম নলের শেষ প্রান্ত খুব ছোট এবং সূচল। সূচল নলের ঠিক উপরে একটি রিটর্ট রাখিয়া এমন ভাবে ব্যবস্থা করা হয় যাহাতে

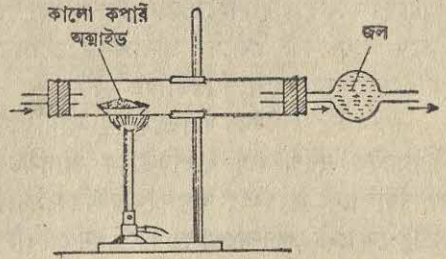
উহার মধ্যে সব সময় শীতল জলের প্রবাহ থাকে। রিটর্টের ঠিক নিচে রাখা হয় একটি খালি বীকার।

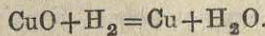
অতঃপর কিপ্‌ যন্ত্র হইতে উৎপন্ন হাইড্রোজেন গ্যাস U-নলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে ইহা অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্বারা জলীয়বাষ্পমুক্ত হয়। কাচনলগুলির সমস্ত বায়ু বাহির করার জন্য এই শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাস কিছুটা বাহির হইতে দেওয়া হয়। অতঃপর নির্গম নলের স্চল প্রান্তে অগ্নি সংযোগ করিলে নীল শিখার সৃষ্টি হয় এবং কিছুক্ষণের মধ্যেই দেখা যায় শিখার উপরে রক্ষিত ঠাণ্ডা রিটর্টের গা দিয়া ফোঁটা ফোঁটা বর্ণহীন তরল বীকারে পড়িতেছে। এই তরল সাদা অনার্দ্র কপার সালফেটের বর্ণ নীল করে। অতএব তরলটি জল। অনার্দ্র কপার সালফেটকে নীল করা জলের একটি বিশেষ ধর্ম। এইক্ষেত্রে বায়ুর অক্সিজেনে হাইড্রোজেন পুড়িয়া জলীয় বাষ্প সৃষ্টি করে, যাহা রিটর্টের শীতলতার সংস্পর্শে তরল জলে পরিণত হয়।

চিত্র ২(১৩)—বায়ুতে হাইড্রোজেন জ্বলিয়া জল উৎপাদন

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O.$$

(৫) হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন রাসায়নিক ক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে : হাইড্রোজেন গ্যাসের জলন্ত শিখা ক্লোরিন গ্যাসপূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করাইলে শিখাটি জ্বলিতে থাকে এবং একটি সাদা ধোঁয়ার উৎপত্তি হয়। প্রমাণ করা যায় যে এই ধোঁয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড যৌগের। গ্যাসজারে একটু জল ঢালিয়া ঝাঁকাইয়া সামান্য জলীয় দ্রবণ টেষ্ট টিউবে লওয়া হয়। ইহাতে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ মিশাইলে দই এর ন্যায় সাদা থকথকে অধঃক্ষেপ পড়ে। এই অধঃক্ষেপ নাইট্রিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য কিন্তু অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইডে দ্রাব্য। এই পরীক্ষা হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের উপস্থিতি নিশ্চিতভাবে প্রমাণ করে।

সম আয়তনের হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন মিশ্রণ অন্ধকারে রাখিয়া দিলে কোন বিক্রিয়া হয় না, তবে এই মিশ্রণ আলোতে রাখিলে সামান্য বিস্ফোরণসহ বিক্রিয়া হয় এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

(৬) হাইড্রোজেনের বিজারণ ক্ষমতা আছে : একটি শক্ত মোটা কাচনলে কিছুটা বিশুদ্ধ কালো বর্ণের কিউপ্রিক অক্সাইড রাখা হয়। কাচনলের একপ্রান্ত দিয়া শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবেশ করানোর ব্যবস্থা করা হয়। অপর প্রান্তে কর্কের মাধ্যমে একটি কাচের নির্গম নল লাগানো থাকে যাহার মধ্যভাগ বাল্‌বের আকারের।

প্রথমে কিছুক্ষণ CuO-পূর্ণ কাচনলে শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা করা হয়, যাহাতে যন্ত্রের সমস্ত বায়ু দূরীভূত হইয়া যায়। অতঃপর কিউপ্রিক অক্সাইড পূর্ণ নলকে তীব্র ভাবে উত্তপ্ত করিয়া উত্তপ্ত অক্সাইডে শুষ্ক হাইড্রাজেন গ্যাস প্রবাহ অব্যাহত রাখা হয়। অনেকক্ষণ পর দেখা যাইবে কালো কিউপ্রিক অক্সাইডের স্থানে একটি লাল বর্ণের কঠিন পদার্থ নলে পড়িয়া আছে এবং নির্গম নলের বাল্‌বটি ঠাণ্ডা করিলে উহাতে কয়েক ফোঁটা তরল জমা হয়। এই লাল কঠিন পদার্থ ধাতব কপার, কেননা উহাতে নাইট্রিক অ্যাসিড মিশাইলে বাদামী গ্যাস নির্গমন সহ দ্রবণের রঙ সবুজ হয়। বাল্‌বে গৃহীত তরলের সংস্পর্শে অনার্দ্র সাদা কপার সালফেট নীল হয়। স্থতরাং তরল পদার্থটি জল।

চিত্র ২(১৪)—হাইড্রোজেন দ্বারা কপার অক্সাইডের বিজারণ

$$CuO + H_2 = Cu + H_2O.$$

এই পরীক্ষা প্রমাণ করে, হাইড্রোজেন কালো কিউপ্রিক অক্সাইডকে ধাতব কপারে বিজারিত করিয়া নিজে জলে জারিত হইয়াছে।

ব্যবহার ঃ (১) হাইড্রোজেন সর্বাপেক্ষা হালকা গ্যাস বলিয়া বেলুন ও বায়ুযানে ব্যবহৃত হয়। তবে উহা দাহ্য বলিয়া এই ব্যবহার সীমিত।

(২) ঝালাই কাজের উপযুক্ত উষ্ণতা স্বষ্টির জন্য অক্সি-হাইড্রোজেন শিখা উৎপন্ন করিতে (উষ্ণতা প্রায় 2000°C পর্যন্ত) এবং ইহা হইতে চুনের আলো (lime-light) উৎপাদনে হাইড্রোজেন ব্যবহৃত হয়।

(৩) অ্যামোনিয়া, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, মিথাইল অ্যালকোহল প্রভৃতি যৌগের পণ্য উৎপাদনে প্রচুর হাইড্রোজেন ব্যবহার করা হয়। (৪) অধুনা কৃত্রিম পেট্রল উৎপাদনেও হাইড্রোজেন ব্যবহৃত হইতেছে। (৫) বনস্পতি শিল্পে বর্তমানে হাইড্রোজেনের চাহিদা প্রচুর। (৬) ল্যাবরেটরীতে বিজারক হিসাবেও ইহার ব্যবহার আছে।

পরিচায়ক পরীক্ষা (Tests) ঃ (১) বায়ুতে বা অক্সিজেনে নীল শিখা সহ পুড়িয়া জলের উৎপত্তি—এই গ্যাস চিনিবার একটি উপায়।

(২) অনেক সময় প্যালাডিয়াম দ্বারা অন্তর্ধৃতিও হাইড্রোজেন গ্যাস সনাক্তকরণে সাহায্য করে।

জায়মান বা নবজাত হাইড্রোজেন (Nascent hydrogen) ঃ

রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে কোন পদার্থ হইতে যখন কোন মৌলিক পদার্থ উৎপন্ন হয়, তখন মৌলিক পদার্থের নবজাত অবস্থাকে বলা হয় **জায়মান অবস্থা** (Nascent state)। হাইড্রোজেন যখন উহার কোন যৌগ হইতে সত্ত মুক্ত হয়, তখন সেই জন্ম-মুহূর্তের হাইড্রোজেনকে **জায়মান হাইড্রোজেন** বলে।

পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত হইয়াছে যে, জায়মান হাইড্রোজেন সাধারণ হাইড্রোজেন গ্যাস অপেক্ষা অধিক সক্রিয়।

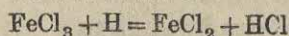
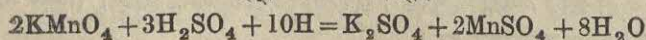
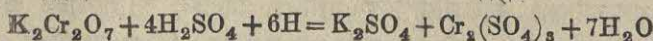
সাধারণ গ্যাসীয় হাইড্রোজেন ফেরিক ক্লোরাইড, পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট, পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট ইত্যাদির দ্রবণে কোন ক্রিয়া করে না ; কিন্তু এইসব পদার্থের দ্রবণের মধ্যেই যদি হাইড্রোজেন উৎপন্ন করা হয় ($Zn + H_2SO_4$-এর বিক্রিয়া দ্বারা) তবে প্রত্যেকটি যৌগের রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে। উক্ত পদার্থগুলি জায়মান হাইড্রোজেনের সংস্পর্শে বিজারিত হয়।

তিনটি টেষ্ট টিউবে যথাক্রমে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড যুক্ত হলুদ বর্ণের ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণ, লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত গাঢ় বেগুনী বর্ণের পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেট দ্রবণ এবং লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড যুক্ত গাঢ় হলুদ বর্ণের পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট দ্রবণ লওয়া হয়। এখন প্রতিটি দ্রবণে উল্‌ফ্ বোতল বা কিপ্ যন্ত্র হইতে হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা করিলে প্রতিক্ষেত্রেই দ্রবণের বর্ণ অপরিবর্তিত থাকে। অতঃপর তিনটি টিউবের দ্রবণে সামান্য জিঙ্কের ছিব্ড়া মিশাইলেই দ্রবণের রঙ বদলায়। ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণ বর্ণহীন বা ঈষৎ সবুজাভ হয়। পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেটের বেগুনী দ্রবণ বর্ণহীন হয় এবং গাঢ় হলুদ বর্ণের পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট দ্রবণ সবুজ বর্ণে রূপান্তরিত হয়।

প্রতিক্ষেত্রেই নবজাত হাইড্রোজেন বিজারণ ক্রিয়া সম্পন্ন করে। ইহাতে প্রমাণিত হয় যে জায়মান হাইড্রোজেন বা জন্মক্ষণের হাইড্রোজেন আণবিক বা সাধারণ হাইড্রোজেন গ্যাস অপেক্ষা শক্তিশালী বিজারক।

$$\underset{\text{হলুদ}}{FeCl_3} + H = \underset{\text{বর্ণহীন}}{FeCl_2} + HCl$$

$$\underset{\text{বেগুনী}}{2KMnO_4} + 3H_2SO_4 + 10H = K_2SO_4 + \underset{\text{বর্ণহীন}}{2MnSO_4} + 8H_2O$$

$$\underset{\text{গাঢ় হলুদ}}{K_2Cr_2O_7} + 4H_2SO_4 + 6H = K_2SO_4 + \underset{\text{সবুজ}}{Cr_2(SO_4)_3} + 7H_2O$$

(জায়মান হাইড্রোজেনকে পারমাণবিক অবস্থায় দেখানো হইয়াছে)

জায়মান হাইড্রোজেনের সক্রিয়তার কারণ :

সাধারণ হাইড্রোজেন অপেক্ষা জায়মান হাইড্রোজেনের সক্রিয়তার কারণ সম্বন্ধে অনেকে মনে করেন যে, উৎপত্তি মুহূর্তে হাইড্রোজেন পারমাণবিক অবস্থায় থাকে এবং অণুতে পরিণত হওয়ার পূর্বেই রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে। অন্যত্র উৎপাদন করিয়া যে গ্যাস পাওয়া যায় তাহা আণবিক হাইড্রোজেনের। অণু হইতে পরমাণু অধিক শক্তিশালী। এই কারণেই জায়মান হাইড্রোজেন অধিক সক্রিয়তার অধিকারী। তবে এই পারমাণবিক মতবাদ সকল অবস্থায় উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেনের সক্রিয়তার ব্যাখ্যা করিতে পারে না।

আবার কেহ কেহ বলেন হাইড্রোজেনের জন্মক্ষণে যে বৈদ্যুতিক শক্তি বা তাপশক্তি সৃষ্টি হয় তাহার প্রভাব হাইড্রোজেনকে অধিকতর সক্রিয় করে।

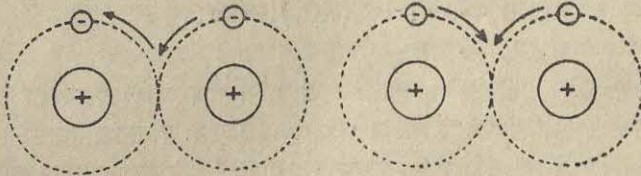
হাইড্রোজেন প্রস্তুতিতে নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহার না করার কারণ :

নাইট্রিক অ্যাসিড হাইড্রোজেন প্রস্তুতিতে ব্যবহার করা হয় না। নাইট্রিক অ্যাসিড ও ধাতুর বিক্রিয়ার

ফলে প্রথমে যে জায়মান হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় তাহা অতিরিক্ত নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত হইয়া জলে পরিণত হয়। ফলে হাইড্রোজেন গ্যাসরূপে নির্গত হইতে পারে না।

শুধুমাত্র ম্যাগনেসিয়াম ধাতু অতি লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে কিছুটা হাইড্রোজেন নির্গত করিতে পারে। $Mg+2HNO_3=Mg(NO_3)_2+H_2$

হাইড্রোজেনের বহুরূপতা—অর্থো ও প্যারাহাইড্রোজেন: হাইড্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক। ইহার অণুস্থিত দুইটি পরমাণুর প্রতিটির নিউক্লিয়াসে উপস্থিত একটি মাত্র প্রোটনকে কেন্দ্র করিয়া বহিঃকক্ষের একটি ইলেকট্রন আবর্তন করিতেছে। পক্ষান্তরে বলা যায় প্রতিটি হাইড্রোজেন অণুতে 2টি প্রোটন ও 2টি ইলেকট্রন আছে।

1927 খ্রীঃ হাইসেনবার্গ (Heisenburg) দুই প্রকারের হাইড্রোজেন অণুর অস্তিত্ব সম্ভব বলিয়া ঘোষণা করেন। তাঁহার মতে হাইড্রোজেন পরমাণুর নিউক্লিয়াসের প্রোটন সর্বদাই লাটিমের ন্যায় ঘুরে, ফলে হাইড্রোজেন অণুর প্রোটন দুইটির ঘূর্ণন (Spins) একমুখী বা সমান্তরাল এবং বিপরীতমুখী হইতে পারে। যে সকল হাইড্রোজেন অণুর প্রোটন দুইটির ঘূর্ণন একমুখী তাহাদের অর্থো হাইড্রোজেন (Ortho hydrogen) এবং যে সকল হাইড্রোজেন অণুর প্রোটন দুইটির ঘূর্ণন বিপরীত মুখী তাহাদের প্যারা হাইড্রোজেন (Para hydrogen) বলা হয়।

চিত্র ২(১৫)

এই দুই প্রকার হাইড্রোজেনকে উহার রূপভেদ বলে। 1929 খ্রীঃ বিজ্ঞানী বনহোফার (Bonhoeffer) এবং হারটেক (Harteck) সক্রিয় চারকোলের উপস্থিতিতে সাধারণ হাইড্রোজেনকে তরল বায়ু বা তরল হাইড্রোজেনের শীতলতায় ঠাণ্ডা করিয়া ভিন্ন রকমের হাইড্রোজেন পান এবং ইহাতে হাইসেনবার্গের ভবিষ্যৎবাণীর সত্যতা প্রমাণিত হয়।

সাধারণ তাপমাত্রায় হাইড্রোজেন অর্থো এবং প্যারা দুই প্রকারের হাইড্রোজেনের 3 : 1 অনুপাতের সাম্যাবস্থার মিশ্রণ।

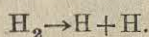
অর্থো হাইড্রোজেন⇌প্যারাহাইড্রোজেন। প্রায় $-273°C$ তাপমাত্রার কাছাকাছি প্যারা হাইড্রোজেনের পরিমাণ বৃদ্ধি পাইতে দেখা যায়। তবে সব তাপমাত্রায়ই রূপভেদ দুইটি ভিন্ন ভিন্ন অনুপাতের মিশ্রণরূপে থাকিবে।

এই দুই বহুরূপীর রাসায়নিক ধর্মে পার্থক্য না থাকিলেও তাপ-পরিবাহিতা, আপেক্ষিক তাপ, গলনাঙ্ক, বাষ্পচাপ প্রভৃতি কয়েকটি ভৌত ধর্মে পার্থক্য থাকিতে দেখা যায়।

হাইড্রোজেনের আইসোটোপ ঃ এই পুস্তকের দ্বিতীয় খণ্ডে আলোচনা করা হইয়াছে।

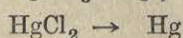
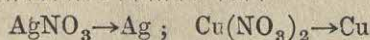
পারমাণবিক হাইড্রোজেন (Atomic hydrogen) ঃ

সাধারণ বা আণবিক হাইড্রোজেনকে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণুতে পরিণত করিলে এই বিযোজন প্রক্রিয়ায় প্রচুর তাপ শোষিত হয়। ফলে অতি উচ্চ তাপ-মাত্রায় হাইড্রোজেন গ্যাস পরমাণুতে রূপান্তরিত হইতে পারে।

$$H_2 \rightarrow H + H.$$

দুইটি টাংস্টেন তড়িৎদ্বারের মধ্যবর্তী তড়িৎ শিখায় (1000—2000°C) হাইড্রোজেন গ্যাস জেট আকারে প্রবাহিত করিলে পারমাণবিক হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। এই পদ্ধতিতেই 1915 খ্রীঃ ল্যাংমুর প্রথম ইহা প্রস্তুত করেন।

পারমাণবিক হাইড্রোজেন রাসায়নিক ভাবে খুব সক্রিয় এবং শক্তিশালী বিজারণ ধর্ম সম্পন্ন। ইহা সাধারণ তাপমাত্রায় কয়েকটি ধাতু ও অধাতুর সহিত হাইড্রাইড গঠন করে। ইহা অন্ধকারেও ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়া করে। ইহা সিলভার নাইট্রেট দ্রবণকে সিলভারে, কপার নাইট্রেট দ্রবণকে কপারে, মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণকে ধাতব মারকারীতে বিজারিত করে।

$$AgNO_3 \rightarrow Ag \; ; \quad Cu(NO_3)_2 \rightarrow Cu$$

$$HgCl_2 \rightarrow Hg$$

ইহা সহজেই সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেটকে ক্রোমিক সালফেটে এবং অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটকে ম্যাঙ্গানাস সালফেটে বিজারিত করে। উপরিউক্ত বিজারণ ক্রিয়া অনুরূপ অবস্থায় সাধারণ হাইড্রোজেন দ্বারা সংঘটিত হইতে পারে না। হাইড্রোজেন অণুর পরমাণুতে রূপান্তর তাপগ্রাহী বিক্রিয়া সুতরাং দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণুর মিলনে হাইড্রোজেন অণুর সৃষ্টিতে প্রচুর তাপের উদ্ভব হইবেই।

হাইড্রোজেন অণু হইতে মুক্ত পরমাণু দুইটি ধাতব তলের সংস্পর্শে আসিলেই প্রায় 4000—5000°C উচ্চ তাপমাত্রা উৎপন্ন করিয়া পুনর্মিলিত হয়।

জল, H_2O

জলের সহিত মানুষের পরিচয় তাহার জন্ম লগ্ন হইতেই। জল ব্যতীত জীব-জগতের অস্তিত্ব কল্পনাতীত। পূর্বে ধারণা ছিল জল একটি মৌলিক পদার্থ। 1781 খ্রীঃ বিজ্ঞানী ক্যাভেণ্ডিস প্রমাণ করেন, ইহা একটি যৌগ। বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার বিভিন্ন পরীক্ষার দ্বারা নিশ্চিত ভাবে প্রমাণ করেন, জল হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের সংযোগে সৃষ্টি হয়। পৃথিবীর প্রায় তিন চতুর্থাংশই জল।

উৎস হিসাবে প্রাকৃতিক জলকে প্রধানতঃ **চারভাগে** ভাগ করা হয়।

(১) **বৃষ্টির জল ঃ** সমুদ্র, নদ-নদী, হ্রদ প্রভৃতি জলাশয় হইতে জল সূর্যের তাপে বাষ্পীভূত হইয়া উড়িয়া যায়। এই জলীয় বাষ্প বায়ুমণ্ডলের অধিক উচ্চতার শীতলতার সংস্পর্শে জমিয়া পুনরায় বৃষ্টিরূপে পৃথিবীতে ফিরিয়া আসে। বৃষ্টির জলকে স্বাভাবিক পন্থায় পাতিত জল বলা যাইতে পারে। সেই কারণে প্রাকৃতিক জলের মধ্যে বৃষ্টির জলই সর্বাপেক্ষা বিশুদ্ধ। কিন্তু তবুও মাটিতে পড়িবার সময় ইহাতে বায়ুর ধুলিকণা,

অক্সিজেন, কার্বন ডাই-অক্সাইড, সামান্য পরিমাণ অ্যামোনিয়া, নাইট্রাস ও নাইট্রিক অ্যাসিড দ্রবীভূত থাকে। শিল্পাঞ্চলের বৃষ্টির জলে সামান্য সালফিউরিক অ্যাসিড, সালফার ডাই-অক্সাইড দ্রবীভূত অবস্থায় থাকিতে পারে। তবে প্রথম বর্ষণের বৃষ্টিতেই দ্রবীভূত অশুদ্ধির পরিমাণ বেশী থাকে। কয়েক পশলা বৃষ্টির পর যে জল পাওয়া যায় তাহা অধিকতর বিশুদ্ধ।

(২) **নদীর জল :** সাধারণতঃ বৃষ্টির জল ও সুউচ্চ পাহাড়ের উপরের বরফগলা জল হইতেই নদীর উৎপত্তি। নদীজলে দ্রাব্য ও অদ্রাব্য, জৈব ও অজৈব বহু অশুদ্ধি বর্তমান।

সাধারণতঃ উচ্চ পর্বতশিখর হইতে নিম্নে প্রবাহিত হওয়ার কালে নদীর খরস্রোতে বহু শিলা চূর্ণ বিচূর্ণ হয় এবং সূক্ষ্ম পলিমাটির আকারে নদীর জলে ভাসমান অবস্থায় থাকে। জলের অত্যধিক দ্রাবণী শক্তির জন্য ইহা ভূপৃষ্ঠ হইতে ধৌত করিয়া সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, আয়রন ইত্যাদির সালফেট, ক্লোরাইড, কার্বনেট, বাইকার্বনেট ইত্যাদি লবণ দ্রবীভূত করে। নানারূপ ময়লা ও কাদা প্রলম্বিত থাকায় নদীর জল স্বভাবতই ঘোলাটে। ইহাতে বহু প্রকার ব্যাক্টেরিয়া ও রোগজীবাণু থাকে।

(৩) **প্রস্রবণ ও কূপের জল :** বৃষ্টির জলের কিয়দংশ ভূ-পৃষ্ঠের সচ্ছিদ্র স্তরের মধ্য দিয়া গমনকালে স্তরে স্তরে স্বাভাবিকভাবে পরিস্রুত হইয়া ভূগর্ভের বিভিন্ন স্থানে জমা হয়। পক্ষান্তরে এই জল ভূ-পৃষ্ঠের বিভিন্ন ছিদ্রপথে নিঃসৃত হওয়ার ফলেই প্রস্রবণের সৃষ্টি হয়; অথবা এই জল কূপের জলরূপে পাওয়া যায়। এইরূপ জলে সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, ক্যালসিয়াম ধাতুর নানাবিধ দ্রাব্য লবণ থাকে। তবে বালু, মাটি, কাঁকর ইত্যাদির মধ্য দিয়া প্রবাহিত হয় বলিয়া স্বাভাবিক প্রক্রিয়ায় পরিস্রুত এই জল স্বচ্ছ হয় এবং ইহা ভাসমান অপদ্রব্য হইতে মুক্ত থাকে। ইহাতে সালফার ডাই-অক্সাইড, কার্বন ডাই-অক্সাইড ও অন্যান্য গ্যাস দ্রবীভূত থাকিতে পারে। ভূ-গর্ভ হইতে এই সকল উষ্ণ গ্যাস যখন উষ্ণ অবস্থায় জলের মধ্য দিয়া বাহির হইতে থাকে তখন উষ্ণ প্রস্রবণের সৃষ্টি হয়। ভারতবর্ষের সীতাকুণ্ডের উষ্ণ প্রস্রবণ উল্লেখযোগ্য।

অত্যধিক লবণ-জাতীয় পদার্থ দ্রবীভূত থাকিলে প্রস্রবণের জলকে খনিজ জল (mineral water) বলা হয়। ভিন্ন ভিন্ন লবণ জাতীয় পদার্থের উপস্থিতির জন্য এই জলের একটি বিশেষ স্বাদ আছে। ইহাতে সোডিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর ক্লোরাইড, সালফেট, বাইকার্বনেট ইত্যাদি লবণ থাকে। সময় সময় আয়রন ঘটিত কোন কোন লবণও পাওয়া যায়। খনিজ জল অনেক ক্ষেত্রেই স্বাস্থ্যের পক্ষে উপযোগী। স্বাস্থ্যান্বেষীর কাছে এইজন্য ভুবনেশ্বর, রাজগীর, সীতাকুণ্ডের জল বিশেষ পরিচিত।

(৪) **সমুদ্রের জল :** ইহাতে দ্রবীভূত পদার্থের পরিমাণ সবচেয়ে বেশী। ভাসমান পদার্থ থাকিলেও পরিমাণে কম। দ্রবীভূত পদার্থের মধ্যে খাদ্য লবণ ($NaCl$) বিশেষ উল্লেখযোগ্য। ইহাতে সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম

প্রভৃতি ধাতুর ক্লোরাইড, সালফেট, কার্বনেট, ব্রোমাইড, আয়োডাইড প্রভৃতি দ্রবীভূত থাকে। অত্যধিক লবণাক্ত বলিয়া সমুদ্রজল পানের অযোগ্য।

মৃদুজল ও খরজল (Soft water and Hard water) :

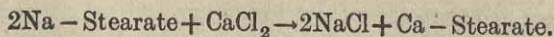
সাবানের সহিত ব্যবহার বিচার করিয়া প্রাকৃতিক জলকে দুইভাগে ভাগ করা হয়। যথা—মৃদুজল ও খরজল।

মৃদুজল : যে জলে সহজে সাবানের ফেনা উৎপন্ন হয় তাহাকে বলা হয় **মৃদুজল** (soft water)।

খরজল : যে জলে সহজে সাবানের ফেনা উৎপন্ন হয় না, অনেক সাবান ব্যবহার করার পর ফেনা হয়, তাহাকে খরজল (hard water) বলে।

জলের খরতার কারণ : প্রাকৃতিক জলে নানাপ্রকার ধাতব লবণ দ্রবীভূত থাকে। **সাধারণত জলে ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের বাইকার্বনেট, ক্লোরাইড ও সালফেট লবণ দ্রবীভূত থাকিয়া খরতার সৃষ্টি করে।** কখনও কখনও দ্রাব্য আয়রন ঘটিত লবণ খরতার কারণ হয়।

সাবানে পামিটিক, ষ্টিয়ারিক ও অলেইক (Palmitic, stearic, oleic) প্রভৃতি কতকগুলি উচ্চ আণবিক গুরুত্ব বিশিষ্ট জৈব ফ্যাটি অ্যাসিডের সোডিয়াম, পটাসিয়াম ধাতুর দ্রবণীয় লবণ থাকে। ঐ জৈব অ্যাসিডের লবণ ও জলের মিশ্রণে ফেনার সৃষ্টি হয়। কিন্তু এইসব অ্যাসিডের অন্যান্য ধাতব লবণ জলের সহিত ফেনার সৃষ্টি করে না। বরং ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ইত্যাদি ধাতুর লবণ অধঃক্ষিপ্ত হইয়া যায়। সাবানের সঙ্গে খরজল মিশাইলে প্রথমে ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের দ্রাব্য লবণের সহিত সাবানের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের লবণ গঠিত হয়।

$$\underset{\text{সাবানে উপস্থিত}}{2Na-Stearate} + \underset{\text{খর জলে বর্তমান}}{CaCl_2} \rightarrow 2NaCl + \underset{\text{সাদা অধঃক্ষেপ}}{Ca-Stearate.}$$

এইভাবে সাবানের জৈব অ্যাসিড লবণ যতক্ষণ না খরজলের ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম লবণকে অধঃক্ষেপ রূপে অপসারিত করে, ততক্ষণ সাবানের ফেনা উৎপন্ন হয় না। সেইজন্যই সাবান অনেকক্ষণ ঘসিলে পর ফেনার সৃষ্টি হয় এবং ইহাতে সাবানের অপচয় ঘটে।

খরতার শ্রেণী বিভাগ : জলে দ্রবীভূত লবণের প্রকৃতি অনুযায়ী জলের খরতা স্থায়ী এবং অস্থায়ী এই দুই প্রকারের হইতে পারে।

ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম বাইকার্বনেট লবণ (সময় সময় আয়রন বাইকার্বনেট) জলে দ্রবীভূত থাকিলে যে খরতার সৃষ্টি হয়, তাহাকে **অস্থায়ী খরতা** বলে এবং এইরূপ জলকে বলা হয় অস্থায়ী খরজল। জলকে শুধু ফুটাইয়া বা অন্য কোন সহজ উপায়ে অস্থায়ী খরতা দূর করা যায়।

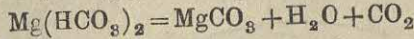
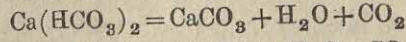
ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়ামের ক্লোরাইড ও সালফেট লবণ (সময় সময় আয়রনের উক্ত লবণগুলি) জলে দ্রবীভূত থাকিলে যে খরতা উৎপন্ন হয় তাহাকে **স্থায়ী খরতা**

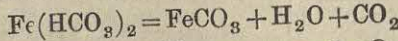
বলে এবং এইরূপ জলকে বলা হয় স্থায়ী খরজল। জলকে কেবলমাত্র ফুটাইয়া বা অন্য কোন সহজ প্রণালীতে এই খরতা অপসারিত করা যায় না।

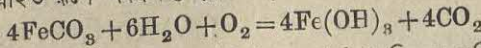
জলের খরতা দূরীকরণ বা জলের মৃদুকরণ (Softening of water) ঃ জলে দ্রবীভূত ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের বাইকার্বনেট, ক্লোরাইড, সালফেট লবণকে কোন সহজ প্রক্রিয়া বা রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাহায্যে অদ্রাব্য লবণ রূপে অধঃক্ষিপ্ত করিতে পারিলে জলের খরতা দূর হয় এবং জল মৃদু হয়।

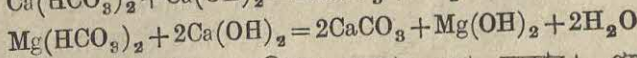
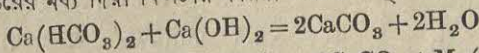
অস্থায়ী খরজলকে ফুটাইয়া বা ক্লার্ক পদ্ধতিতে কলিচুনের সাহায্যে মৃদু করা হয়।

স্ফুটন পদ্ধতি (boiling) ঃ অস্থায়ী খরজলকে শুধুমাত্র ফুটাইলে উহাতে বর্তমান ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম বাইকার্বনেট লবণ বিযোজিত হইয়া অদ্রাব্য কার্বনেট লবণরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং স্থিরভাবে রাখিয়া দিলে তলায় থিতাইয়া পড়ে। উপর হইতে মৃদুজল পাওয়া যায়।

$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 + H_2O + CO_2$$
$$Mg(HCO_3)_2 = MgCO_3 + H_2O + CO_2$$

ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের সামান্য দ্রবণীয়তা আছে বলিয়া শুধু স্ফুটন প্রণালীতে ম্যাগনেসিয়াম বাইকার্বনেট ঘটিত অস্থায়ী খরতা সম্পূর্ণভাবে দূরীভূত হয় না। স্ফুটনের ফলে আয়রন বাইকার্বনেটের একইভাবে বিযোজন হয়।

$$Fe(HCO_3)_2 = FeCO_3 + H_2O + CO_2$$

উৎপন্ন ফেরাস কার্বনেট বায়ুর অক্সিজেনের সংস্পর্শে জারিত হইয়া বাদামী বর্ণের ফেরিক হাইড্রোক্সাইড রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়।

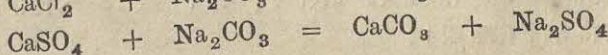
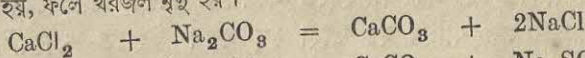
$$4FeCO_3 + 6H_2O + O_2 = 4Fe(OH)_3 + 4CO_2$$

ক্লার্কের পদ্ধতি (Clark's process) ঃ ক্লার্ক-পদ্ধতিতে পরিমিত কলিচুনের সাহায্যে অস্থায়ী খরজলকে মৃদু করা হয়। চুনের সহিত ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম বাইকার্বনেটের বিক্রিয়ায় ধাতু দুইটি বিভিন্ন অদ্রাব্য যৌগরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। কোক্ বা বালিস্তরের মধ্য দিয়া ফিলটার করিয়া অধঃক্ষেপ দূর করা সম্ভব।

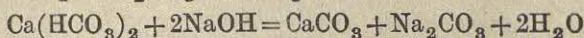
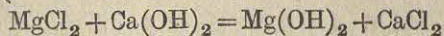
$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 + 2H_2O$$
$$Mg(HCO_3)_2 + 2Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 + Mg(OH)_2 + 2H_2O$$

এই পদ্ধতিতে চুন পরিমিত পরিমাণে ব্যবহার করা দরকার। প্রয়োজনের অতিরিক্ত চুন মিশাইলে জলের খরতা বৃদ্ধি পাওয়ার সম্ভাবনা। এই পদ্ধতিতে স্থায়ী খরতা দূর করা যায় না।

স্থায়ী খরতা দূরীকরণ ঃ স্থায়ী খরজলে সোডা বা সোডা ও কলিচুন মিশাইয়া অথবা পারমুটিট পদ্ধতিতে একই সঙ্গে স্থায়ী ও অস্থায়ী খরতা দূর করা যায়।

সোডা প্রণালী ঃ স্থায়ী খরজলে কাপড়কাচা সোডা বা সোডিয়াম কার্বনেট মিশাইলে দ্রবীভূত ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম লবণ উহাদের অদ্রাব্য কার্বনেটরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়, ফলে খরজল মৃদু হয়।

$$CaCl_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + 2NaCl$$
$$CaSO_4 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + Na_2SO_4$$

$$MgCl_2 + Na_2CO_3 = MgCO_3 + 2NaCl$$
$$MgSO_4 + Na_2CO_3 = MgCO_3 + Na_2SO_4$$

উপযুক্ত পরিমাণ সোডা ও কলিচুনের মিশ্রণ ব্যবহার করিয়া একই সঙ্গে স্থায়ী ও অস্থায়ী খরতা দূর করা যায়। কোন কোন ক্ষেত্রে সামান্য কষ্টিক সোডা ব্যবহার করিতে হয়।

$$MgCl_2 + Ca(OH)_2 = Mg(OH)_2 + CaCl_2$$
$$CaCl_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + 2NaCl$$
$$Ca(HCO_3)_2 + 2NaOH = CaCO_3 + Na_2CO_3 + 2H_2O$$

এই পদ্ধতি ব্যবহারে ব্যয় অধিক হয়।

পারমুটিট পদ্ধতি (Permutit process) :

অল্প ব্যয়ে খরজলকে মৃদু করার জন্য বর্তমানে যে পদ্ধতি অতি প্রচলিত তাহার নাম পারমুটিট বা জিওলাইট পদ্ধতি। এই পদ্ধতিতে একই সঙ্গে স্থায়ী ও অস্থায়ী খরতা দূর করা যায়। এই প্রণালীর আবিষ্কারক বিজ্ঞানী গ্যানের নামানুসারে ইহাকে **গ্যানের প্রণালীও** বলা হয়।

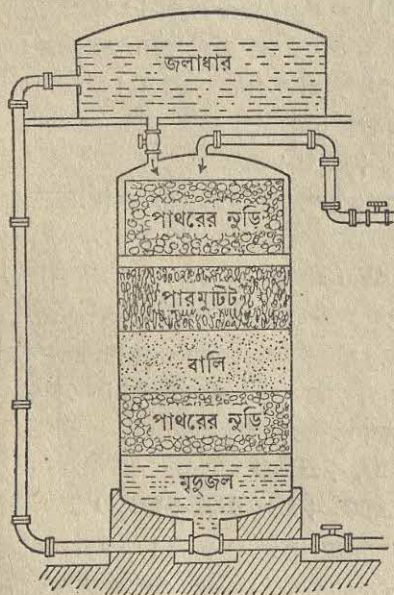
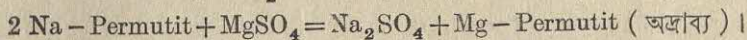
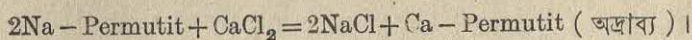
চিত্র ২(১৬)—জলের মৃদুকরণ, পারমুটিট পদ্ধতি

প্রকৃতিতে জিওলাইট নামক কতকগুলি খনিজ পদার্থ আছে। ইহা সোডিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম ধাতুর সিলিকেটের মিশ্রণে গঠিত। প্রাকৃতিক জিওলাইটের মত কৃত্রিম উপায়ে প্রস্তুত সোডিয়াম-অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেটকে নাম দেওয়া হইয়াছে পারমুটিট।

পারমুটিটের বৈশিষ্ট্য হইল এই যে, ইহার সোডিয়াম অন্য ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইতে পারে। এই গুণের জন্যই ইহা খরজল মৃদুকরণে ব্যবহৃত হয়।

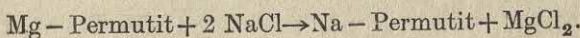
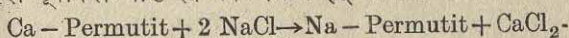
একটি ইষ্টক বা লৌহ নির্মিত উচ্চ ও গোলাকার প্রকোষ্ঠের ভিতর সোডিয়াম পারমুটিট রাখা হয়। পারমুটিটের নিচে ও উপরে মোটা বালু বা পাথরের নুড়ির স্তর থাকে। উপর হইতে খরজল উহাদের মধ্য দিয়া নিচের দিকে প্রবাহিত করা হয়। পারমুটিট জলে দ্রবীভূত ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম লবণগুলিকে অদ্রাব্য পারমুটিট যৌগে পরিণত করে এবং জল হইতে অধঃক্ষিপ্ত করে। প্রকোষ্ঠের তলদেশ হইতে যে পরিস্রুত জল বাহির হয় তাহা মৃদু জল। ইহাতে ক্যালসিয়াম বা ম্যাগনেসিয়ামের লবণ থাকে না।

$2Na - Permutit + CaCl_2 = 2NaCl + Ca - Permutit$ (অদ্রাব্য)।

$2\ Na - Permutit + MgSO_4 = Na_2SO_4 + Mg - Permutit$ (অদ্রাব্য)।

এই পদ্ধতিকে **ক্ষারক বিনিময় পদ্ধতিও** (Base Exchange process) বলা হয়।

কিছুদিন ব্যবহারের পর পারমুটিটের খরতা দূরীকরণের ক্ষমতা লোপ পায় ; কারণ, উহার সমস্ত সোডিয়ামের পারমুটিট অংশ ক্যালসিয়াম বা ম্যাগনেসিয়াম যৌগ গঠনে ব্যয়িত হইয়া যায়। এই অবস্থায় সোডিয়াম ক্লোরাইডের গাঢ় দ্রবণ উহার উপর দিয়া ঢালিলে ইহা পূর্বাবস্থা প্রাপ্ত হয় এবং জলকে মৃদু করিতে পারে।

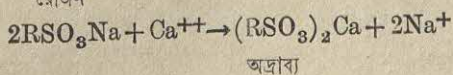
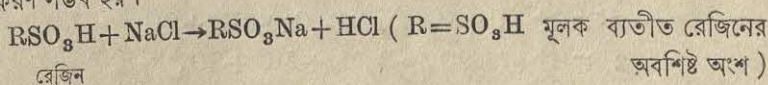
$Ca - Permutit + 2\ NaCl \rightarrow Na - Permutit + CaCl_2$.

$Mg - Permutit + 2\ NaCl \rightarrow Na - Permutit + MgCl_2$.

এইভাবে পুনর্জীবিত করা যায় বলিয়া একই পারমুটিট দীর্ঘদিন ব্যবহার করা চলে।

আয়ন বিনিময় রেজিন পদ্ধতি (Ion Exchange Resin Process) : অধুনা কৃত্রিম উপায়ে প্রস্তুত একপ্রকার রেজিন পদার্থ জলের খরতা অপসারণে বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। পারমুটিট অপেক্ষা ইহা অধিকতর সক্রিয় পদার্থ। এই রেজিনগুলির সংযুতি সঙ্কেত জটিল হইলেও ইহারা সালফোনিক অ্যাসিড যৌগ অর্থাৎ ইহাদের প্রত্যেকটিতে সালফোনিক অ্যাসিড বা $-SO_3H$ মূলক বর্তমান। এই $-SO_3H$ মূলকের হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া ধাতব লবণ গঠন করে।

প্রথমে ছোট ছোট দানার রেজিন স্তরের উপর দিয়া NaCl দ্রবণ প্রবাহিত করিয়া রেজিনকে সোডিয়াম লবণে রূপান্তরিত করা হয় এবং পরে খরজল ইহার উপর দিয়া পাঠাইলে জলের খরতা দূরীভূত হয়। এই প্রক্রিয়ায় রেজিনে উপস্থিত Na^+ আয়নের সহিত খরজলের Ca^{++} বা Mg^{++} আয়নের বিনিময় ঘটে বলিয়া খরজলের মৃদুকরণ সম্ভব হয়।

$\underset{\text{রেজিন}}{RSO_3H} + NaCl \rightarrow RSO_3Na + HCl$ ($R = SO_3H$ মূলক ব্যতীত রেজিনের অবশিষ্ট অংশ)

$2RSO_3Na + Ca^{++} \rightarrow \underset{\text{অদ্রাব্য}}{(RSO_3)_2Ca} + 2Na^+$

দীর্ঘ সময় ব্যবহারে রেজিনের কার্যক্ষমতা নষ্ট হইলে পুনরায় NaCl দ্রবণ প্রবাহ দ্বারা ইহাকে কার্যক্ষম করিয়া ব্যবহার করা চলে।

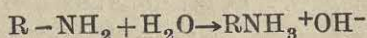
সোডিয়াম হেক্সামেটাফসফেট বা ক্যালগন $[NaPO_3]_6$ ক্যালসিয়াম ঘটিত খরতা দূরীকরণে ব্যবহৃত হয়।

E. D. T. A. (Ethylene-diamine tetra-acetate) দ্বারাও জলের খরতা নষ্ট করা হয়। ইহা ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম লবণের সহিত বিক্রিয়ায় জটিল যৌগ গঠন করে এবং জলের খরতা দূর হয়।

জলের আয়ন দূরীকরণ বা খনিজ দ্রব্যমুক্ত জল) deionisation of water or demineralised water) : পূর্বে বর্ণিত পারমুটিট বা অপর পদ্ধতিতে খর জলকে মৃদু করিলে ঐ জল কখনও খনিজ দ্রব্য হইতে মুক্ত হয় না। কারণ খরতা সৃষ্টিকারী Ca^{++} বা Mg^{++} আয়নের দূরীকরণের সময়ে তুল্য পরিমাণ Na^{+} ইহাদের স্থান দখল করিয়া জলে থাকিয়া যায়।

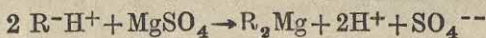
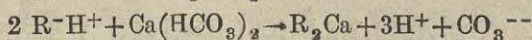
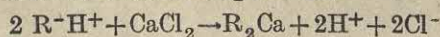
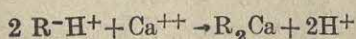
আজকাল জলকে ক্রমান্বয়ে দুই প্রকার বিশেষ ধরণের রেজিন পদার্থের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ হইতে সম্পূর্ণ মুক্ত করা যায়। এই পদ্ধতিকে জলের **আয়নশূন্যকরণ** বলা হয়।

উক্ত দুই প্রকার রেজিনের মধ্যে এক প্রকার রেজিনকে ক্যাটায়ন বা ধনাত্মক আয়ন বিনিময়কারী রেজিন এবং অপর প্রকারকে অ্যানায়ন বা ঋণাত্মক আয়ন বিনিময়কারী রেজিন বলা হয়। রেজিনগুলি জটিল গঠনের সংশ্লেষিত পদার্থ। ক্যাটায়ন বিনিময়ী রেজিনে H^{+} আয়ন যুক্ত আছে, সংক্ষেপে আমরা ইহাদের $R^{-}H^{+}$ বলিয়া উল্লেখ করি। অ্যানায়ন বিনিময়ী রেজিন উচ্চ আণবিক গুরুত্ব সম্পন্ন অ্যামিনো মূলক $(-NH_2)$ যুক্ত যৌগ। এইরূপ যৌগ জলের সহিত ক্রিয়ায় OH^{-} যুক্ত হয়।

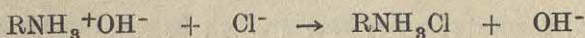
$$R-NH_2+H_2O \rightarrow RNH_3{}^{+}OH^{-}$$

দ্রাব্য লবণ যুক্ত জলকে প্রথমে একটি উপযুক্ত পাত্রস্থিত ক্যাটায়ন বিনিময়কারী রেজিন পদার্থের স্তরের (যেমন নিয়োকার্ব $R^{-}H^{+}$) মধ্য দিয়া পাঠানো হয়। ইহাতে জলে উপস্থিত ক্যাটায়ন যথা Ca^{++}, Mg^{++}, Na^{+} ইত্যাদি রেজিনে প্রবেশ করে এবং দূরীভূত হয়। বলা বাহুল্য, তুল্য পরিমাণ H^{+} রেজিন হইতে জলে প্রবেশ করে। অর্থাৎ রেজিনের H^{+} আয়নের সহিত ধাতব আয়নের বিনিময় ঘটে।

$$2\,R^{-}H^{+}+Ca^{++} \rightarrow R_2Ca+2H^{+}$$
$$2\,R^{-}H^{+}+CaCl_2 \rightarrow R_2Ca+2H^{+}+2Cl^{-}$$
$$2\,R^{-}H^{+}+Ca(HCO_3)_2 \rightarrow R_2Ca+3H^{+}+CO_3{}^{--}$$
$$2\,R^{-}H^{+}+MgSO_4 \rightarrow R_2Mg+2H^{+}+SO_4{}^{--}$$

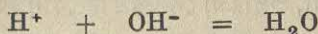
অদ্রাব্য

$$R^{-}H^{+}+Na^{+} \rightarrow RNa+H^{+}$$

এইভাবে জল ক্যাটায়ন তথা ধাতব আয়ন হইতে মুক্ত হয়। ইহাতে ক্যাটায়ন হিসাবে কেবলমাত্র H^{+} থাকে তবে $SO_4{}^{--}$, Cl^{-}, $CO_3{}^{--}$ প্রভৃতি অ্যানায়ন থাকে।

অতঃপর এই অ্যাসিড ধর্মী (H^{+} আয়ন উপস্থিত বলিয়া) জলকে অপর একটি পাত্রস্থিত অ্যানায়ন বিনিময়কারী রেজিন চূর্ণের স্তরের মধ্য দিয়া চালনা করা হয়। এই পাত্রে রেজিনে উপস্থিত OH^{-} আয়নের সহিত অপরাপর অ্যানায়নের বিনিময় ঘটে এবং তুল্য পরিমাণ OH^{-} আয়ন রেজিন হইতে মুক্ত হইয়া জলে আসে।

$$RNH_3^+OH^- + Cl^- \rightarrow RNH_3Cl + OH^-$$
অদ্রাব্য

অন্যান্য অ্যানায়ন একইভাবে রেজিনে প্রবেশ করে বলিয়া জল অ্যানায়ন শূন্য হয়।

বলা বাহুল্য, প্রথম পাত্র হইতে মুক্ত H^+ আয়ন ও দ্বিতীয় পাত্র হইতে মুক্ত OH^- আয়ন পরস্পর বিক্রিয়ায় বিশুদ্ধ জল উৎপন্ন করে।

$$H^+ + OH^- = H_2O$$

এইভাবে দ্বিতীয় পাত্র হইতে সংগৃহীত জলে কোনরূপ আয়ন থাকে না।

এই জল অতি বিশুদ্ধ পাতিত জলের সমতুল্য। এই ভাবে আয়ন বিনিময়ী প্রক্রিয়ায় **পাতন ব্যতীত পাতিত জলের অনুরূপ জল** প্রস্তুত করা যায়।

দীর্ঘকাল ব্যবহারে রেজিনের বিনিময় ক্ষমতা নষ্ট হইয়া গেলে ক্যাটায়ন বিনিময়কারী স্তরকে লঘু H_2SO_4 এবং অ্যানায়ন বিনিময়কারী স্তরকে লঘু $NaOH$ দ্রবণ প্রয়োগ করিয়া সক্রিয় করার পর পুনরায় ব্যবহার করা যায়।

জলের ব্যবহার ঃ দৈনন্দিন ও শিল্প প্রয়োজনে জলের বহুল ব্যবহার আছে।

(১) পানীয় রূপে জলের ব্যবহার অপরিহার্য। (২) রন্ধনকার্যে, কাপড়-চোপড় ও অন্যান্য বস্ত্র ধৌত করিতে জল ব্যবহৃত হয়। (৩) কৃষিকার্যে সেচের জন্য প্রচুর জলের প্রয়োজন হয়। (৪) শিল্পে বয়লার চালনার জন্য, (৫) রাসায়নিক পরীক্ষাগারে প্রধানতঃ দ্রাবকরূপে এবং (৬) ফটোগ্রাফি ও ঔষধাদি প্রস্তুতিতে প্রচুর জলের প্রয়োজন হয়।

প্রয়োজন ভেদে জলকে ভিন্ন ভিন্ন ভাবে বিশুদ্ধ করিতে হয়।

অধিকাংশ ক্ষেত্রেই অগ্নি নির্বাপণে জল ব্যবহৃত হয় কিন্তু পেট্রোল হইতে উদ্ভূত আগুন জল দ্বারা নিভানো যায় না। পেট্রোল জল হইতে হাল্‌কা এবং ইহাতে অবিমিশ্র বলিয়া জলের উপর ভাসমান থাকিয়া জ্বলিতে থাকে।

খরজল ব্যবহারের অসুবিধা ঃ (১) সাবান দ্বারা কাপড়চোপড় ধৌতাদি কার্যে খরজলকে মৃদু করিয়া ব্যবহার করা দরকার, নতুবা খরজলে দ্রবীভূত ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম লবণ অপসারিত না হওয়া পর্যন্ত সাবানের অপচয় হয়। আবার লৌহ-ঘটিত লবণ জল হইতে দূর করা না হইলে বাদামী ফেরিক হাইড্রোক্সাইড এবং অনুরূপ রঙের দাগ (stain) কাপড়ের উপর পড়ে।

(২) কেট্‌লীতে দীর্ঘদিন খরজল উত্তপ্ত করিলে উহা হইতে ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের কার্বনেটের একটি অদ্রাব্য, তাপ-অপরিবাহী স্তর কেট্‌লীর ভিতরে জমা হইতে থাকে। ফলে এইরূপ কেট্‌লীতে জল সহজে গরম হয় না।

খরজল ইঞ্জিন বা শিল্প প্রয়োজনে ব্যবহৃত বয়লারের পক্ষে ক্ষতিকর। ফ্যাক্টরীতে বয়লারে এইরূপ জল ব্যবহারে উহার অভ্যন্তরে যে তাপ অপরিবাহী কঠিন কার্বনেট ও সালফেটের স্তর পড়ে তাহাকে বলা হয় বয়লারের আঁশ (boiler scale)। উহাতে জল ফুটাইতে প্রচুর ইন্ধনের অপব্যয় হয় এবং অত্যধিক উত্তাপে বয়লার নষ্ট হয়। ইহা ছাড়াও অধিক তাপ প্রয়োগে বয়লার বা বয়লারের আঁশের যে অসমান সম্প্রসারণ হয় তাহাতে বয়লারের বিস্ফোরণ সহ ফাটিয়া যাওয়ার আশঙ্কা থাকে।

(৩) পানীয় জল কিছুটা খর হওয়া বাঞ্ছনীয় ; কিন্তু অত্যধিক খরজল স্বাস্থ্যের পক্ষে অপকারী এবং ইহাতে খাদ্যদ্রব্যও সুসিদ্ধ হয় না।

পানীয় জল (Drinking or Potable water) ঃ

পানীয় রূপে ব্যবহৃত জল স্নিগ্ধ, বর্ণহীন, স্বাদু ও রোগজীবাণুমুক্ত হওয়া দরকার। উহাতে কোনরূপ ভাসমান অপদ্রব্য, কপার বা লেডের ন্যায় কোন বিষাক্ত ধাতব দ্রব্যের লবণ বা অতিরিক্ত পরিমাণ খাদ্য লবণ থাকা চলিবে না। জলে নাইট্রেট লবণ বা অ্যামোনিয়া থাকা উচিত নহে। জলে এই সব দ্রব্যের উপস্থিতি কোন পচনশীল জৈব পদার্থের সহিত ইহার সংযোগের সম্ভাবনা প্রকাশ করে। তবে পানীয় জল রাসায়নিক অর্থে বিশুদ্ধ হওয়ার প্রয়োজন নাই বা জল মৃদু না হইলেও ক্ষতি নাই ; পরন্তু সামান্য পরিমাণ Na, K, Mg, Ca-এর লবণ ও কার্বন ডাই-অক্সাইড জলকে সুস্বাদু করে এবং দ্রবীভূত লবণ দেহ গঠনে সহয়তা করে।

প্রাকৃতিক জলকে পানীয় হিসাবে ব্যবহারের পূর্বে বিশেষভাবে বিশুদ্ধিকরণের প্রয়োজন আছে। এই বিশুদ্ধি পর্বকে দুইভাগে ভাগ করা যায়ঃ

(১) ভাসমান অপদ্রব্য দূরীকরণ। (২) রোগজীবাণুমুক্তকরণ।

বড় বড় শহরে নদী, পুকুর, বা খালের জলকে পাম্পের সাহায্যে তুলিয়া বৃহদাকার আধারে রাখা হয় এবং ফটকিরি মিশাইয়া থিতানো হয়। ইহাতে জলে ভাসমান অপদ্রব্য, ভারী কাদামাটি, বালি ও অধঃক্ষিপ্ত অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রোক্সাইড কিঞ্চিৎ ব্যাক্টেরিয়া সহ থিতাইয়া পড়ে। অতঃপর ফিলটার বেডের মধ্য দিয়া এই জল পাঠানো হয়। ফিলটার বেডের উপর হইতে নীচের দিকে পর পর কতকগুলি স্তর থাকে। সর্বোচ্চ স্তরে থাকে মিহি বালি, তাহার নিম্নস্তরে মোটা বালি, তাহার পর কাঁকর এবং সর্বনিম্নে পাথরের নুড়ির স্তর। পর পর সাজানো পরিস্রাবকের মধ্য দিয়া যাওয়ার ফলে জল পরিস্রুত হয় এবং একটি বড় চৌবাচ্চায় জমা হয়। অল্পদিনের মধ্যেই বালির উপর কাদা ও শেওলার একটি আবরণ সৃষ্টি হয়। এই পরিস্রুত জল স্বচ্ছ এবং ভাসমান অপদ্রব্য হইতে মুক্ত।

সর্বশেষে এই স্বচ্ছ জল ক্লোরিন, ব্লিচিং পাউডার, ওজোন সমন্বিত বায়ু, পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেট প্রভৃতি দ্রব্য প্রয়োগে রোগজীবাণুমুক্ত করা হয়। জলকে অতি-বেগুনী রশ্মি (ultra violet rays)-এর প্রভাবে রাখিয়াও নির্বীজিত (Sterilised) করা যাইতে পারে।

রাসায়নিক প্রয়োজনে বিশুদ্ধ জলের প্রস্তুতি ঃ রাসায়নিক ভাবে বিশুদ্ধ জল পাইতে হইলে প্রথমে ইহাকে সাধারণতঃ কপার বা কাচ-নির্মিত পাত্রে পাতিত করা হয়। এই জল সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ নয় ; কেননা, উহাতে গ্যাসীয় পদার্থ দ্রবীভূত থাকিতে পারে। ফুটন্ত পাতিত জলে অতঃপর ক্লোরিন প্রবাহিত করিয়া নাইট্রোজেন ঘটিত জৈব যৌগ দূর করা হয় এবং জলকে ফুটাইলে অতিরিক্ত ক্লোরিন গ্যাস বিতাড়িত হয়। এইরূপ বিশুদ্ধতর জলে কিছুটা পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেট ও কষ্টিক পটাস মিশাইয়া পাইরেক্স কাচ নির্মিত ফ্লাস্কে পুনরায় পাতিত করিলে বিশুদ্ধতম জল পাওয়া যায়।

জলের ধর্ম ঃ ভৌত ঃ (১) জল একটি বর্ণহীন, স্বাদহীন, গন্ধহীন তরল পদার্থ। অতিরিক্ত পরিমাণ জলকে একটু নীলাভ সবুজ দেখায়। প্রমাণ চাপে উহার গলনাঙ্ক 0°C এবং স্ফুটনাঙ্ক 100°C। (২) 4°C তাপমাত্রায় উহার ঘনত্ব সবচেয়ে বেশী। জল জমিয়া যে বরফ হয় তাহার আয়তন জলের চেয়ে অধিক অর্থাৎ বরফের ঘনত্ব জলের চেয়ে কম।

রাসায়নিক ঃ (১) জল একটি প্রশম তরল।

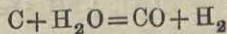
(২) বিশুদ্ধ জল মন্দ তড়িৎবাহী, কিন্তু উহাতে সামান্য অ্যাসিড, বা ক্ষার যোগ করিলে উহার বিদ্যুৎ পরিবাহিতা বাড়ে।

(৩) জল স্বাভাবিক ও উচ্চ তাপমাত্রায় একটি উত্তম দ্রাবক। সাধারণতঃ দ্রাব্য অ্যাসিড, ক্ষারক বা লবণ ইত্যাদি তড়িৎ-বিশ্লেষ্য জলে আয়নিত হয়। ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড, কষ্টিক সোডা, কষ্টিক পটাস ইত্যাদি জলে দ্রবীভূত হওয়ার সময় প্রচুর তাপের সৃষ্টি হয়। আবার অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড জলে দ্রবীভূত হওয়ার সময় তাপ শোষণ করে।

(৪) বহু রাসায়নিক বিক্রিয়ায় জল অনুঘটক রূপে বিক্রিয়ার গতি বাড়ায়। হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুতিকালে সামান্য আর্দ্রতা না থাকিলে বিক্রিয়া হয় না। ফসফরাস, সালফার প্রভৃতি মৌল সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ অক্সিজেনে উচ্চ তাপাঙ্কেও জ্বলিতে দেখা যায় না কিন্তু সামান্য আর্দ্র অক্সিজেনে তীব্রতার সহিত জ্বলে।

(৫) **ধাতুর সহিত বিক্রিয়া ঃ** বিভিন্ন তাপমাত্রায় বিভিন্ন ধাতুর সহিত জলের বিক্রিয়া বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য। জল হইতে ধাতুর বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন প্রস্তুতিকালে জলের উপর বিভিন্ন ধাতুর ক্রিয়ার বিস্তারিত আলোচনা করা হইয়াছে।

(৬) **অধাতুর সহিত ক্রিয়া ঃ** লোহিততপ্ত কার্বনের সহিত (প্রায় 1000°C তাপমাত্রায়) ষ্টীমের বিক্রিয়া ঘটাইলে কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেনের (সম-আয়তনে) মিশ্রণ পাওয়া যায়। এই গ্যাস-মিশ্রণকে বলা হয় ওয়াটার গ্যাস।

$$C + H_2O = CO + H_2$$

উচ্চ তাপাঙ্কে শ্বেততপ্ত সিলিকন মৌল জলকে বিশ্লিষ্ট করিয়া হাইড্রোজেন ও সিলিকন ডাই-অক্সাইড গঠন করে। $Si + 2H_2O = SiO_2 + 2H_2$

শীতল অবস্থায় ক্লোরিন জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড উৎপন্ন করে। ইহা ঈষৎ হলুদ বর্ণের একটি দ্রবণ। ইহাকে ক্লোরিন জল বলা হয়।

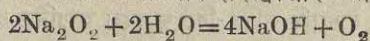
প্রখর সূর্যালোকে বা আলোকপাতে ক্লোরিন জলকে বিশ্লিষ্ট করিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও অক্সিজেন দেয় ঃ $2Cl_2 + 2H_2O = 4HCl + O_2$

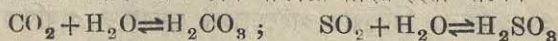
(৭) **ধাতব অক্সাইডের সহিত ক্রিয়া :** সোডিয়াম অক্সাইড, পটাসিয়াম অক্সাইড প্রভৃতি সাধারণ তাপমাত্রায় জলে দ্রবীভূত হইয়া ধাতব হাইড্রোক্সাইড (ক্ষার) উৎপন্ন করে : $Na_2O + H_2O = 2NaOH$; $K_2O + H_2O = 2KOH$

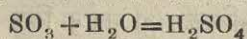
চুন বা ক্যালসিয়াম অক্সাইড শীতল জলের সহিত বিক্রিয়ায় কলিচুন বা ক্যালসিয়াম হাইড্রোক্সাইড গঠন করে : $CaO + H_2O = Ca(OH)_2$

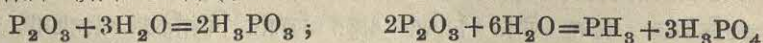
এই বিক্রিয়া কালে এক বিশেষ ধরণের হিস্‌হিস্‌ শব্দ সহ প্রচুর তাপোদ্ভব হয় এবং চুন ফাঁপিয়া উঠিয়া পরে ক্যালসিয়াম হাইড্রোক্সাইডের সাদা গুঁড়ায় পরিণত হয় এবং কিছুটা জল বাষ্পাকারে উবিয়া যায়।

সোডিয়াম পার-অক্সাইড সাধারণ তাপমাত্রায় জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অক্সিজেন নির্গত করে এবং দ্রবণে সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড থাকে।

$$2Na_2O_2 + 2H_2O = 4NaOH + O_2$$

(৮) **অধাতব অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া :** কার্বন ডাই-অক্সাইড ও সালফার ডাই-অক্সাইড শীতল জলে দ্রবীভূত হইয়া যথাক্রমে কার্বনিক অ্যাসিড ও সালফিউরাস অ্যাসিড দেয়। এই অ্যাসিডগুলি সুস্থিত যৌগ নহে। সেইজন্য অ্যাসিড দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে অক্সাইডগুলি গ্যাস আকারে বাহির হইয়া আসে।

$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \; ; \qquad SO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2SO_3$$

সালফার ট্রাই-অক্সাইড ও জলের বিক্রিয়ায় সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$

ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড শীতল জলের সহিত ক্রিয়া করিয়া ফসফরাস অ্যাসিড দেয়। তবে গরম জলের সহিত বিক্রিয়ায় ফসফিন নামক গ্যাস নির্গত করে এবং দ্রবণে ফসফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

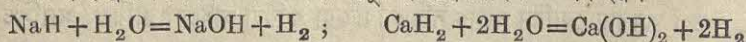
$$P_2O_3 + 3H_2O = 2H_3PO_3 \; ; \qquad 2P_2O_3 + 6H_2O = PH_3 + 3H_3PO_4$$

ফসফরাস অ্যাসিড ফসফিন

ফসফরাস পেন্টোক্সাইড ঠাণ্ডা জলের সহিত হিস্‌হিস্‌ শব্দে বিক্রিয়া করিয়া মেটা-ফসফরিক অ্যাসিড গঠন করে এবং অতিরিক্ত গরম জলের সহিত বিক্রিয়ায় ফসফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$$P_2O_5 + H_2O = 2HPO_3 \; ; \qquad P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$$

মেটাফসফরিক অ্যাসিড ফসফরিক অ্যাসিড

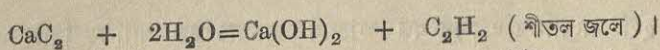
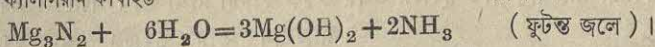
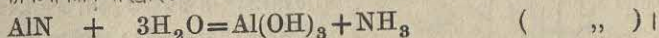
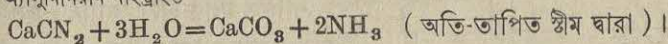
(৯) ধাতব হাইড্রাইড (ধাতু ও হাইড্রোজেনের দ্বি-যৌগিক পদার্থ) জলের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন নির্গত করে এবং ধাতুর হাইড্রোক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$NaH + H_2O = NaOH + H_2 \; ; \qquad CaH_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + 2H_2$$

সোডিয়াম হাইড্রাইড ক্যালসিয়াম হাইড্রাইড

(১০) কতকগুলি ধাতব কার্বাইড (ধাতু ও কার্বনের দ্বি-যৌগ), ধাতব নাইট্রাইড (ধাতু ও নাইট্রোজেনের দ্বি-যৌগ) এবং ক্যালসিয়াম সায়ানামাইড জলের সহিত ক্রিয়া করে।

$CaC_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + C_2H_2$ (শীতল জলে)।
ক্যালসিয়াম কার্বাইড অ্যাসিটিলিন গ্যাস

$Mg_3N_2 + 6H_2O = 3Mg(OH)_2 + 2NH_3$ (ফুটন্ত জলে)।
ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড

$AlN + 3H_2O = Al(OH)_3 + NH_3$ (,,)।
অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইড

$CaCN_2 + 3H_2O = CaCO_3 + 2NH_3$ (অতি-তাপিত স্টীম দ্বারা)।
ক্যালসিয়াম সায়ানামাইড

জলের পরিচায়ক পরীক্ষা ঃ

(১) জল বর্ণহীন, প্রশম তরল—উহা লিটমাস দ্রবণের বর্ণ পরিবর্তিত করে না।

(২) অনার্দ্র সাদা কপার সালফেটে দুই-এক ফোঁটা জল যোগ করিলেই উহা নীলবর্ণ ধারণ করে। ইহাই জলকে সনাক্ত করিতে সবচেয়ে নির্ভরযোগ্য পরীক্ষা।

(৩) বিশুদ্ধ তরল জল, স্বাভাবিক চাপে 0°C তাপমাত্রায় জমিয়া কঠিন হয়। ইহার স্ফুটনাঙ্ক 100°C। এই স্ফুটনাঙ্ক নির্ণয় দ্বারাও জল চিনিতে পারা যায়।

(৪) সদ্য-দগ্ধ (freshly burnt) চুন যে তরল পদার্থের উপর ছড়াইয়া দিলে উহা হিস্‌হিস্ শব্দসহ ফাঁপিয়া উঠিয়া গুঁড়ার আকারে ছড়াইয়া পড়ে এবং প্রচুর তাপের সৃষ্টি করে সেই তরল পদার্থ জল।

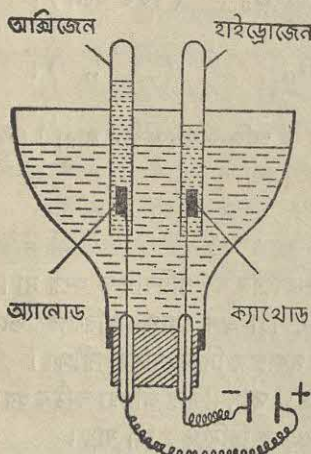
জলের সংযুতি (Composition of water) ঃ বিভিন্ন উপায়ে পরীক্ষা দ্বারা হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন কি আয়তন অনুপাতে এবং কি ওজন অনুপাতে জলে থাকে তাহা নিশ্চিতভাবে স্থির করা হইয়াছে।

জলের আয়তন মাত্রিক সংযুতি (Volumetric composition of water) : জলের আয়তন মাত্রিক সংযুতি বৈশ্লেষিক (analytical) এবং সাংশ্লেষিক (synthetic) পদ্ধতির দ্বারা স্থিরীকৃত করা যায়।

বৈশ্লেষিক পদ্ধতি :

এই পদ্ধতিতে জলের তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্বারা হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন উৎপন্ন করিয়া এই উৎপন্ন হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের আয়তন মাপিয়া জলের আয়তনমাত্রিক সংযুতি নির্ণয় করা হয়। $2H_2O = 2H_2 + O_2$

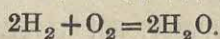
একটি কাচের পাত্রে কিছুটা বিশুদ্ধ জল লইয়া উহাতে সামান্য লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়া অম্লীকৃত করা হয়। বিশুদ্ধ জল খুব মন্দ তড়িৎবাহী। সামান্য অ্যাসিডযুক্ত জল উত্তম তড়িৎবাহী হয়। কাচ-পাত্রের তলদেশে কাচ গলাইয়া দুইটি সরু কাচের নল বসানো থাকে। এই নলদ্বয়ের মধ্য দিয়া দুইটি সরু প্লাটিনাম তার প্রবেশ করানো থাকে। নল দুইটির মুখ কাচ গলাইয়া বন্ধ (sealed) করা হয়। অতঃপর পাত্রের মধ্যস্থ তার দুইটির মাথার দিকে প্লাটিনামের পাত জুড়িয়া দেওয়া হয়। পাত দুইটি সম্পূর্ণভাবে অ্যাসিডযুক্ত জলে নিমজ্জিত থাকে।

দুইটি অংশাঙ্কিত একমুখ বন্ধ কাচনল কাচপাত্রস্থিত অ্যাসিড মিশ্রিত জল দ্বারা পূর্ণ করিয়া প্লাটিনাম পাত দুইটির উপর উপুড় করিয়া রাখা হয়। পরে পাত্রের বাহিরের প্লাটিনাম তার দুইটির প্রান্তদ্বয় একটি ব্যাটারীর ধনাত্মক ও ঋণাত্মক মেরুর সহিত যুক্ত করিয়া দিলে তড়িৎ প্রবাহ স্থরু হয় এবং অংশাঙ্কিত নল দুইটির অ্যাসিড-জল অপসারণ দ্বারা বুদবুদ আকারে গ্যাস নলে জমা হইতে থাকে। কিছুটা গ্যাস সংগৃহীত হওয়ার পর ব্যাটারীর সঙ্গে সংযোগ ছিন্ন করা হয়। দেখা যায়, ক্যাথোডের উপর যে গ্যাস জমা হয় তাহার আয়তন অ্যানোডের উপর সংগৃহীত গ্যাসের আয়তনের দ্বিগুণ। ক্যাথোডের উপরের গ্যাসে একটি জ্বলন্ত শলাকা প্রবেশ করাইলে উহা নিভিয়া যায়, কিন্তু গ্যাস নীল শিখা সহ জ্বলিতে থাকে। ইহাতে প্রমাণিত হয় যে ঐ গ্যাস হাইড্রোজেন। আবার অ্যানোডের উপরে সংগৃহীত গ্যাসে শিখাহীন জ্বলন্ত শলাকা প্রবেশ করাইলে উহা উজ্জ্বলভাবে দপ্‌ করিয়া জ্বলিয়া উঠে, কিন্তু গ্যাস জ্বলে না। এই গ্যাসের সংস্পর্শে বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস বাদামী গ্যাসে পরিণত হয়। উক্ত গ্যাস যে অক্সিজেন তাহা এইসব পরীক্ষা দ্বারা বলা যায়।

চিত্র ২(১৭)—জলের তড়িৎ বিশ্লেষণ

এইভাবে ইহা নিশ্চিতরূপে প্রমাণিত হয় যে, 2 আয়তন হাইড্রোজেন ও 1 আয়তন অক্সিজেন রাসায়নিক ভাবে সংযুক্ত হইয়া জল গঠন করে।

সাংশ্লেষিক পদ্ধতি (Synthetic method) :

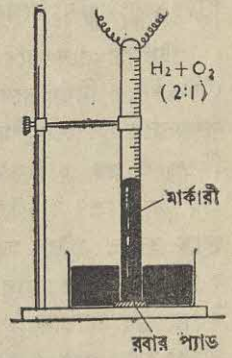
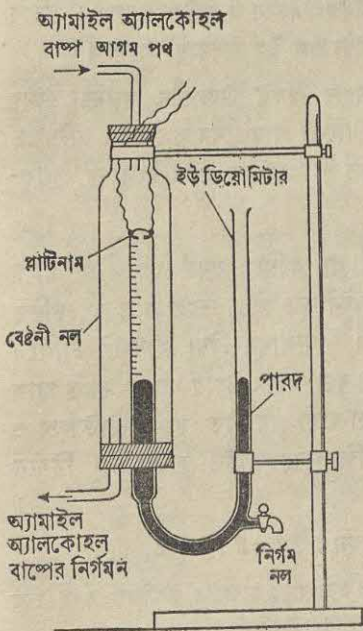
নির্দিষ্ট আয়তনের হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের গ্যাস মিশ্রণকে তড়িৎ স্ফুলিঙ্গ দ্বারা জলে পরিণত করিয়া এই পদ্ধতিতে জলের আয়তনিক সংযুতি নির্ণীত হয়।

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O.$$

একমুখ-বন্ধ একটি গ্যাস মাপক নল (Eudiometer tube) লইয়া উহার বন্ধ মুখের কাচ গলাইয়া দুইটি প্লাটিনামের তার প্রবেশ করানো হয়। এই প্লাটিনাম তার দুইটির মাধ্যমেই তড়িৎ স্ফুলিঙ্গ সৃষ্টি করা হয়।

নলটি মার্কারী দ্বারা সম্পূর্ণভাবে পূর্ণ করিয়া একটি শুষ্ক, বিশুদ্ধ মার্কারীপূর্ণ কাচপাত্রে উপুড় করিয়া বসানো হয়। নলটির মধ্যে মার্কারীর অপসারণ দ্বারা 2 : 1 আয়তনের অনুপাতে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাস প্রবেশ করানো হয় এবং নলটির খোলামুখ মার্কারী পাত্রে রাখা একটি রবারের প্যাডের উপর দৃঢ়ভাবে চাপিয়া রাখা হয়। সাধারণতঃ লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত জলকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া যে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণ পাওয়া যায়, তাহা ঘন

সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া শুষ্ক করার পর গ্যাস মাপক নলে প্রবেশ করানো হয়। অতঃপর প্লাটিনাম তার দুইটি আবেশ-কুণ্ডলীর সহিত যুক্ত করিয়া গ্যাস মিশ্রণে তড়িৎস্ফুলিঙ্গ উৎপন্ন করিলে বিস্ফোরণ সহ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের সংযোগ ঘটে এবং জল উৎপন্ন হয়। নলটি ঠাণ্ডা হইলে নলের ভিতরের গায়ে বিন্দু বিন্দু তরল জলকণা-রূপে সঞ্চিত হইতে দেখা যায়। ব্যবহৃত হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের আয়তনের অনুপাতে এই সঞ্চিত তরল জলের আয়তন অতি তুচ্ছ। রবারের প্যাড হইতে নলটি মার্কারী পাত্রে আলাদা করিলে দেখা যায় পাত্রস্থিত মার্কারী নলটিতে উঠে এবং অবশেষে নলটি সম্পূর্ণভাবে মার্কারী দ্বারা পূর্ণ হইয়া যায় অর্থাৎ নলটিতে আর কোন গ্যাসের অস্তিত্ব থাকে না।

চিত্র ২(১৮)—সাংশ্লেষিক পদ্ধতিতে জলের আয়তন-মাত্রিক সংযুতি

এই পরীক্ষা প্রমাণ করে, দুই আয়তন হাইড্রোজেন ও এক আয়তন অক্সিজেনের রাসায়নিক মিলনে জলের সৃষ্টি হয়।

স্টীমের আয়তনমাত্রিক সংযুতি নির্ণয় (হফ্‌ম্যানের প্রণালী): এই পদ্ধতিতে 100°C অপেক্ষা উচ্চতর তাপ-মাত্রায় **2 : 1** আয়তন অনুপাতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনকে তড়িৎস্ফুলিঙ্গ প্রভাবে স্টীমে পরিণত করিয়া স্টীমের আয়তনমাত্রিক সংযুতি নির্ণীত হয়। $2H_2+O_2=2H_2O$

সামান্য লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণের দ্বারা উদ্ভূত হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাসের মিশ্রণ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া চালনা করিয়া উহাকে জলীয় বাষ্পমুক্ত করার পর এই পদ্ধতিতে ব্যবহৃত হয়।

চিত্র ২(১৯)—স্টীমের আয়তনমাত্রিক সংযুতি নির্ণয়

এই পদ্ধতিতে U-আকৃতি বিশিষ্ট একটি কাচের গ্যাস-মাপক যন্ত্র ব্যবহৃত হয়। যন্ত্রের এক বাহু অংশাঙ্কিত এবং উহার মুখ বন্ধ থাকে। বন্ধমুখের প্রান্তে কাচ গলাইয়া দুইটি প্লাটিনামের তার লাগানো থাকে। ঐ তার দুইটির মাধ্যমেই তড়িৎ স্ফুলিঙ্গ সৃষ্টি করা হয়। যন্ত্রের অপর বাহুর মুখ খোলা এবং মুখের প্রান্তটি একটু মোটা। এই বাহুর নীচের দিকে স্টপ্‌কক্ যুক্ত একটি নির্গমপথ

আছে। বদ্ধ মুখবিশিষ্ট বাহুটির চারিদিক ঘিরিয়া একটি অপেক্ষাকৃত মোটা বেষ্টনী নল থাকে এবং বেষ্টনী নলের উপর দিকে ও নীচের দিকে দুইটি পথ আছে।

উপরের প্রবেশপথে অ্যামাইল অ্যালকোহলের বাষ্প উহার ভিতরে পাঠানো হয় এবং নীচের নির্গম পথে বাহিরে আনা হয়। অংশাঙ্কিত বদ্ধমুখ বাহুটি মার্কারীর দ্বারা সম্পূর্ণরূপে পূর্ণ করিয়া মার্কারীর অপসারণ দ্বারা ইহাতে 2 : 1 আয়তনিক অনুপাতে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের গ্যাসমিশ্রণ কিছুটা সংগ্রহ করা হয়। এই গ্যাসমিশ্রণ বাহুটির মার্কারীর উপর অংশাঙ্কিত অংশে থাকে। অতঃপর একটি ফ্লাস্ক হইতে ফুটন্ত অ্যামাইল অ্যালকোহলের বাষ্প বেষ্টনীনল দিয়া পরিচালিত করা হয়। অ্যামাইল অ্যালকোহলের স্ফুটনাঙ্ক 132°C। সুতরাং উহার বাষ্পের উষ্ণতাও ইহার খুব কাছাকাছি হইবে এবং এই বাষ্পের প্রভাবে অংশাঙ্কিত বদ্ধমুখ বাহুটিও উত্তপ্ত হইয়া প্রায় ঐ তাপমাত্রায় পৌঁছাইবে। কিছুক্ষণ ক্রমাগত অ্যালকোহল বাষ্প চালনার পর তাপমাত্রা স্থির হইলে উভয় বাহুর পারদের উপরিতল একই তলে আনিয়া গ্যাসমিশ্রণের সঠিক আয়তন দেখা হয়।

কিছু মার্কারী স্টপ্‌কক্ দিয়া বাহির করিয়া বদ্ধমুখ বাহুর ভিতরের চাপ কমানোর পর খোলা মুখটি হাতের তালু দ্বারা বন্ধ করা হয়। অতঃপর প্লাটিনাম তার দুইটি আবেশকুণ্ডলীর (induction coil) সহিত সংযুক্ত করিলে যে তড়িৎস্ফুলিঙ্গের সৃষ্টি হয় তাহার প্রভাবে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন রাসায়নিক মিলনে জল উৎপন্ন করে। তবে উষ্ণতা জলের স্ফুটনাঙ্ক অপেক্ষা অনেক বেশী বলিয়া জল স্টীম অবস্থায়ই থাকে।

বিক্রিয়া-শেষে উভয় বাহুর পারদতল পুনরায় একই উচ্চতায় আনিয়া স্টীমের আয়তন জানা যায়। দেখা যায়, পরীক্ষাটিতে গ্যাসের আয়তনের সংকোচন ঘটিয়াছে এবং উৎপন্ন স্টীমের আয়তন পরীক্ষার পূর্বে ব্যবহৃত হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের গ্যাস-মিশ্রণের আয়তনের তিন ভাগের দুই ভাগ।

এইবার অ্যামাইল অ্যাকোহলের বাষ্প চালনা বন্ধ করিয়া সমস্ত যন্ত্র ধীরে ধীরে শীতল করিয়া ঘরের তাপমাত্রায় আনা হইলে স্টীম ঘনীভূত হইয়া তরল জলে রূপান্তরিত হয়। এই উৎপন্ন তরলের আয়তন অতি নগণ্য। খোলামুখ দিয়া মার্কারি ঢালিলে বদ্ধমুখ বাহুটি সম্পূর্ণভাবে মার্কারী দ্বারা পূর্ণ হইয়া যায় অর্থাৎ উহার মধ্যের সমস্ত গ্যাস নিঃশেষে ব্যয়িত হইয়াছে বলা যায়। এই পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত হয়, একই উষ্ণতা ও চাপে 2 আয়তন হাইড্রোজেন 1 আয়তন অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিক মিলনে 2 আয়তন স্টীম উৎপন্ন করে ;

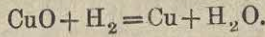
অর্থাৎ আয়তন হিসাবে হাইড্রোজেন : অক্সিজেন : স্টীম = 2 : 1 : 2

দ্রষ্টব্য : (১) প্রতি ক্ষেত্রে আয়তন জানিবার পূর্বে উভয় বাহুর মার্কারীর উপরিতল একই তলে আনার উদ্দেশ্য গ্যাস বা গ্যাসমিশ্রণের চাপ বায়ুমণ্ডলীর চাপের সমান করা।

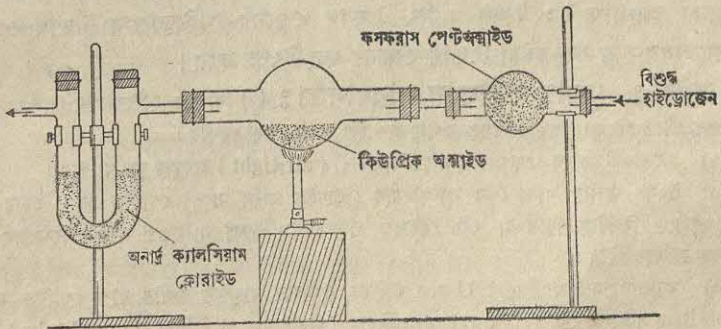
(২) তড়িৎস্ফুলিঙ্গ সৃষ্টির পূর্বে খানিকটা মার্কারী বাহির করিয়া নলের মার্কারীর উপরিস্থিত গ্যাস-মিশ্রণের চাপ কমানোর কারণ কম চাপে বিস্ফোরণের সম্ভাবনা দূর করা।

জলের ওজন-মাত্রিক সংযুতি নির্ণয় (Composition of water by weight): জলের ওজন-মাত্রিক বা তৌলিক সংযুতি নির্ণয়ে (১) **ডুমার** পরীক্ষা এবং (২) **মর্লির** পরীক্ষা বিশেষ প্রসিদ্ধ।

ডুমার পরীক্ষা (Duma's Experiment): এই পদ্ধতিতে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাসকে উত্তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইডের উপর দিয়া পরিচালনা করিয়া জলে পরিণত করা হয় এবং কিউপ্রিক অক্সাইড বিজারিত হইয়া ধাতব কপার উৎপন্ন করে।

$$CuO + H_2 = Cu + H_2O.$$

উৎপন্ন জলের ওজন এবং কিউপ্রিক অক্সাইডের ওজনের হ্রাস হইতে কি পরিমাণ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন রাসায়নিকভাবে মিলিত হইয়া জল উৎপন্ন করিয়াছে তাহা জানা যায়।

কিপ্‌যন্ত্রে প্রস্তুত হাইড্রোজেন গ্যাসকে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক করিবার জন্য পর পর সংযুক্ত কতকগুলি U নলের মধ্য দিয়া অতিক্রম করানো হয়। ঐ নলগুলির প্রথমটিতে লেড-নাইট্রেট দ্রবণ, দ্বিতীয়টিতে সিলভার সালফেট দ্রবণ, তৃতীয়টিতে কঠিন কষ্টিক পটাস এবং চতুর্থটিতে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড রাখা আছে। সর্বশেষে এই গ্যাসকে ফসফরাস পেন্টোক্সাইড পূর্ণ অন্য একটি বাল্‌বের মধ্য দিয়া চালনা করা হয়। এইভাবে গ্যাসের অশুদ্ধি ও আর্দ্রতা সম্পূর্ণ দূর করা হয়।

অতঃপর এই বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাসকে একটি অপেক্ষাকৃত মোটা, শক্ত ও শুষ্ক কাচনলের এক প্রান্ত দিয়া প্রবেশ করানো হয়। এই মোটা কাচনলের মধ্যভাগ একটি বাল্‌বের আকারে থাকে। ঐ বাল্‌বের মধ্যে কিছুটা বিশুদ্ধ, শুষ্ক কিউপ্রিক অক্সাইড আছে। হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহিত করার পূর্বেই কিউপ্রিক অক্সাইড সহ কাচনলটির সঠিক ওজন লওয়া হয়। হাইড্রোজেন প্রবাহে কাচনল ও বাল্‌বের বায়ু সম্পূর্ণ বিতাড়িত হওয়ার পর ইহার বিপরীত প্রান্তে রবার কর্কের সাহায্যে পূর্বে সঠিকভাবে ওজন করা অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড পূর্ণ একটি U-টিউব যুক্ত করা হয়। আবার ঐ U-টিউবের সহিত ফসফরাস পেন্টোক্সাইড বা অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড পূর্ণ আর একটি বাল্‌ব জুড়িয়া দেওয়া হয়, যাহাতে বাহিরের জলীয় বাষ্প

চিত্রে ২(২০)—জলের তৌলিক সংযুতি নির্ণয়—ডুমার পরীক্ষা

ওজন করা U-টিউবে শোষিত না হয়। (চিত্রে দেখানো হয় নাই।) সমগ্র যন্ত্রসজ্জা যেন সম্পূর্ণ বায়ুরোধী হয়। যন্ত্রটি ঠিকমত সাজাইয়া কিছুক্ষণ হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহিত করিয়া যন্ত্রের অভ্যন্তরস্থ বায়ুর অপসারণ সম্পর্কে নিশ্চিত হইতে হয়।

অতঃপর কিউপ্রিক অক্সাইডের বাল্‌বটি বুনসেন দীপের সাহায্যে লোহিত-তপ্ত করিয়া বিক্রিয়া সম্পূর্ণ করিবার জন্য উহাতে কিছুক্ষণ হাইড্রোজেন প্রবাহ চালনা করা হয়।

হাইড্রোজেন দ্বারা কিউপ্রিক অক্সাইড বিজারিত হইয়া কপার উৎপন্ন করিয়া বাল্‌বে থাকে এবং হাইড্রোজেন নিজে জলে (স্টীমে) জারিত হইয়া অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড পূর্ণ U-নলে শোষিত হয়। অতঃপর হাইড্রোজেন প্রবাহ অব্যাহত রাখিয়া বাল্‌বটিকে ঠাণ্ডা হইতে দেওয়া হয় এবং দুই দিক হইতে খুলিয়া ওজন করা হয়। অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ U-নলটিও পুনরায় ওজন করা হয়। দেখা যায় U-নলের ওজন বৃদ্ধি ও বালবের ওজন হ্রাস পাইয়াছে। এই ওজনের হ্রাস ও বৃদ্ধি হইতে জলের ওজন সংযুতি নির্ণয় করা হয়।

গণনা ঃ

মনে করি, পরীক্ষার পূর্বে কাচনল (বালব) ও কিউপ্রিক অক্সাইডের ওজন $= w_1$ গ্রাম,

" পরে " " " $= w_2$ গ্রাম।

∴ জল উৎপাদন করিতে যে পরিমাণ অক্সিজেন প্রয়োজন হইয়াছে তাহার ওজন $= (w_1 - w_2)$ গ্রাম

ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ U-নলের প্রাথমিক ওজন $= w_3$ গ্রাম।

" " " " " পরীক্ষা শেষে ওজন $= w_4$ গ্রাম।

∴ উৎপন্ন জলের ওজন $= (w_4 - w_3)$ গ্রাম

$(w_4 - w_3)$ গ্রাম জল উৎপন্ন করিতে ব্যবহৃত হাইড্রোজেনের ওজন = উৎপন্ন জলের ওজন − অক্সিজেনের ওজন $= [(w_4 - w_3) - (w_1 - w_2)]$ গ্রাম।

∴ $(w_1 - w_2)$ গ্রাম অক্সিজেন ও $[(w_4 - w_3) - (w_1 - w_2)]$ গ্রাম হাইড্রোজেনের রাসায়নিক সংযোগে $(w_4 - w_3)$ গ্রাম জল উৎপন্ন হইয়াছে।

অতি সাবধানে এই পরীক্ষা সম্পন্ন করিয়া দেখা যায়, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত 1 ঃ 7·98 অর্থাৎ 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া 9 ভাগ ওজনের জল উৎপন্ন করে।

দ্রষ্টব্য ঃ ডুমার পরীক্ষায় সাবধানতা ঃ (১) ব্যবহৃত হাইড্রোজেন গ্যাস সম্পূর্ণ শুষ্ক ও বিশুদ্ধ হইতে হইবে। শুষ্ক ও বিশুদ্ধ কপার অক্সাইড ব্যবহার করা দরকার।

(২) প্রত্যেকটি যন্ত্রাংশ একে অন্যের সহিত বায়ুরোধী (**air-tight**) অবস্থায় যুক্ত থাকিবে।

(৩) উৎপন্ন জলীয় বাষ্প যেন ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড কর্তৃক সম্পূর্ণ শোষিত হয়। ইহার কোন অংশ যাহাতে বিপরীত দিকে না যায় সেইজন্য পরীক্ষা-যন্ত্র শীতল না হওয়া পর্যন্ত হাইড্রোজেন-প্রবাহ অব্যাহত রাখিতে হইবে।

(৪) ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ **U**-নলে যাহাতে বাহিরের বায়ুস্থিত জলীয় বাষ্প শোষিত না হয় সেইজন্য উহার সহিত আরো একটি অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ গার্ড টিউব (**guard tube**) সংযুক্ত রাখিতে হইবে।

(৫) কিউপ্রিক অক্সাইডপূর্ণ কাচনলকে হাইড্রোজেন প্রবাহ দ্বারা বায়ুশূন্য করিয়া পরে উত্তপ্ত করিতে হয় নতুবা ভিতরের বায়ুর অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন সংযোগে জলের উৎপত্তি হইবে।

ডুমার পরীক্ষার ত্রুটি ঃ (১) কাচনলে (বালবে) বিজারিত কপার হাইড্রোজেন-প্রবাহে ঠাণ্ডা করিবার সময় অতি সামান্য পরিমাণ হাইড্রোজেন আটকাইয়া রাখে, ফলে এই শোষিত হাইড্রোজেন পরীক্ষাশেষে কাচনলের ওজন সামান্য বৃদ্ধি করিতে পারে।

(২) হাইড্রোজেন বিশুদ্ধিকরণে ইহা ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করা হয়। ফলে অ্যাসিডে দ্রবীভূত অতি সামান্য অক্সিজেন হাইড্রোজেনের সঙ্গে আসিয়া কপারকে কপার অক্সাইডে জারিত করিতে পারে।

এই ত্রুটির জন্য পরীক্ষার ফল খুব সামান্যই পরিবর্তিত হয় ; ফলে এইসব ত্রুটি উপেক্ষা করা যায়।

মর্লির পরীক্ষা (Morley's experiment) ঃ

এই পদ্ধতিতে নির্দিষ্ট ওজনের বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাসকে বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গের সাহায্যে জলে পরিণত করা হয়। $2H_2 + O_2 = 2H_2O$.

উৎপন্ন জলের ওজন এবং ব্যবহৃত হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজন হইতে জলের ওজন-মাত্রিক সংযুতি নির্ণয় করা হয়।

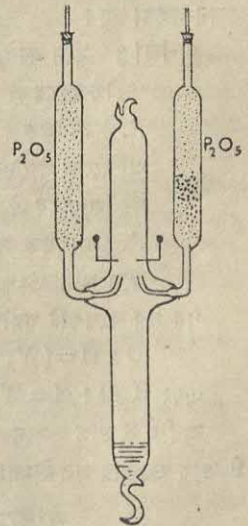
মর্লি এই পরীক্ষার জন্য বিশেষভাবে নির্মিত একটি কাচের নল ব্যবহার করেন। উহার দুইদিকে দুইটি ফসফরাস পেণ্টোক্সাইডপূর্ণ বাল্‌ব লাগানো থাকে। বাল্‌ব দুইটির উপরে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন প্রবেশের জন্য দুইটি পথ আছে ; সেগুলি স্টপ্‌কক্‌ দিয়া আটকানো। বাল্‌ব দুইটির নীচের দিক হইতে খুব সরু সূচালো নির্গম নল মর্লির যন্ত্রে প্রবেশ করানো আছে। এই সরু নির্গম পথের সামনে দুইটি প্লাটিনাম তার লাগানো হয়। যন্ত্রের নীচের দিকে জল সংগ্রহ করিবার ব্যবস্থা বর্তমান।

সম্পূর্ণ যন্ত্রটিকে বায়ুশূন্য করিয়া উহার সঠিক ওজন লওয়া হয়।

চিত্র ২(২১)—মর্লির পরীক্ষা

এখন লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের তড়িৎবিশ্লেষণ দ্বারা হাইড্রোজেন প্রস্তুত করিয়া উহাকে পর্যায়ক্রমে কঠিন কষ্টিক পটাস, উত্তপ্ত কপার ও ফসফরাস পেণ্টোক্সাইডের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া শোধিত করা হয়। এই বিশুদ্ধ হাইড্রোজেনকে একটি বায়ুশূন্য কাচের গোলকে প্যালাডিয়াম ধাতু দ্বারা শোষিত করা হয়। অন্তর্ধৃত হাইড্রোজেন সহ প্যালাডিয়ামের কাচপাত্রটি ওজন করা হয়।

পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে প্রস্তুত অক্সিজেন কঠিন কষ্টিক পটাস, ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ও ফসফরাস পেণ্টোক্সাইডের দ্বারা বিশুদ্ধ করা হয় এবং একটি বায়ুশূন্য ফ্লাস্কে প্রবেশ করানো হয়। অক্সিজেন-সহ ফ্লাস্কটির ওজন লওয়া হয়।

এখন ফসফরাস পেণ্টোক্সাইডপূর্ণ বাল্‌ব দুইটির মধ্য দিয়া পৃথকভাবে হাইড্রোজেন

ও অক্সিজেন প্রবেশ করানো হয়। সঙ্গে সঙ্গে আবেশকুণ্ডলীর (induction coil) সাহায্যে প্ল্যাটিনাম তার দুইটিতে বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ উৎপাদন করা হয় ; ফলে বাল্বের স্ফুচালো সরু নির্গম নলের মুখে গ্যাস দুইটি জ্বলিয়া জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে এবং যন্ত্রের নীচে জল রূপে জমা হইতে থাকে। জলীয় বাষ্প সম্পূর্ণরূপে তরলে পরিণত করিবার জন্য যন্ত্রটিকে বরফ দ্বারা ঠাণ্ডা করা হয়।

স্টপ্ ককের সাহায্যে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের প্রবেশ এমনভাবে নিয়ন্ত্রণ করা হয় যাহাতে হাইড্রোজেনের ও অক্সিজেনের অনুপাত 2 : 1 থাকে।

অপরিবর্তিত অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন পাম্পের সাহায্যে ফসফরাস পেণ্টোক্সাইড-পূর্ণ বালব দুইটির মধ্য দিয়া বাহির করিয়া লওয়া হয়। অতঃপর যন্ত্রটির ওজন লইয়া উহার ওজন বৃদ্ধি হইতে কি পরিমাণ ওজনের জল উৎপন্ন হইয়াছে তাহা জানা যায়। যে যে কাচের ফ্লাস্কে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন রাখা হয় সেই ফ্লাস্ক দুইটিরও পুনরায় ওজন লওয়া হয়।

গণনা : মনে করি, হাইড্রোজেন-রক্ষিত পাত্রের প্রাথমিক ওজন $= W_1$ গ্রাম,

পরীক্ষাশেষে ঐ পাত্রের ওজন $= W_2$ গ্রাম।

$\therefore$ ব্যবহৃত হাইড্রোজেনের ওজন $= (W_1 - W_2)$ গ্রাম।

অক্সিজেন পাত্রের প্রাথমিক ওজন $= W_3$ গ্রাম,

পরীক্ষাশেষে ঐ পাত্রের ওজন $= W_4$ গ্রাম।

$\therefore$ ব্যবহৃত অক্সিজেনের ওজন $= (W_3 - W_4)$ গ্রাম।

মনে করি, উৎপন্ন জলের ওজন W গ্রাম।

পর পর কয়েকটি পরীক্ষার গড় হিসাব করিয়া মর্লি দেখাইয়াছেন,

$$O : H = (W_3 - W_4) : (W_1 - W_2) = 7{\cdot}9395 : 1$$

এবং $H_2O : H = W : (W_1 - W_2) = 8{\cdot}9395 : 1$

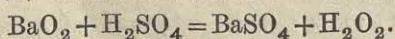
অর্থাৎ 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া 9 ভাগ ওজনের জল উৎপন্ন করে।

হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড, H_2O_2

1819 খ্রীঃ থেনার্ড প্রথমে ইহা আবিষ্কার করেন এবং নাম দেন অক্সিজেনযুক্ত জল (oxygenated water).

প্রস্তুতি : (ক) ধাতব পার-অক্সাইড ও অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় :

(অ) ল্যাবরেটরী পদ্ধতি : ল্যাবরেটরীতে সোদক বেরিয়াম পার-অক্সাইডের সহিত শীতল লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয় ; সঙ্গে অদ্রাব্য বেরিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়।

$$BaO_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 + H_2O_2.$$

একটি বীকারে কিছু বেরিয়াম পার-অক্সাইডচূর্ণ ও সামান্য জল লইয়া একটি কাচদণ্ড দ্বারা উত্তমরূপে নাড়িয়া খানিকটা লেই প্রস্তুত করা হয়। অপর একটি বীকারে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড লওয়া হয়। দুইটি বীকারই লবণ-বরফ মিশ্রণে বসাইয়া

ঠাণ্ডা করা হয়। তাপমাত্রা 0°C হইলে লঘু অ্যাসিডে খুব সাবধানে অল্প অল্প করিয়া লেই মিশানো হয়। এই লেই যোগ করিবার সময় অ্যাসিড উত্তমরূপে নাড়িতে হয়। বীকারে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ উৎপন্ন হইবে এবং বেরিয়াম সালফেট অধঃক্ষিপ্ত হইবে। বিক্রিয়া-শেষে দ্রবণে সামান্য অপরিবর্তিত অ্যাসিড থাকা প্রয়োজন, কারণ, ইহা হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের স্থায়িত্ব বাড়ায় ; পক্ষান্তরে, বেরিয়াম পার-অক্সাইড অতিরিক্ত পরিমাণে থাকিলে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড বিযোজিত হইতে থাকে। অতঃপর অদ্রাব্য বেরিয়াম সালফেট ফিলটার করিয়া পৃথক করা হয়। পরিস্রুতে হাইড্রোজেন পার অক্সাইডের লঘু ($1-20\%$) জলীয় দ্রবণ থাকিবে।

(আ) সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে ফসফরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা যায়। এক্ষেত্রে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ও অদ্রাব্য বেরিয়াম ফসফেট উৎপন্ন হয়। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের স্থায়িত্ব ফসফরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে বাড়ে। অধঃক্ষিপ্ত বেরিয়াম ফসফেট ফিলটার করিয়া হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়।

দ্রষ্টব্য ঃ (১) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রস্তুতিতে শীতল লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড স্বতঃই বিযোজিত হইয়া অক্সিজেন ও জল উৎপন্ন করিবার প্রবণতা দেখায়। উত্তাপে এই বিযোজন দ্রুত হয়। ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহারে যে উষ্ণতার সৃষ্টি হইবে তাহাতে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড বিযোজিত হইতে থাকে।

(২) অনার্দ্র বেরিয়াম পার-অক্সাইড ও অ্যাসিডের বিক্রিয়াকালে তাপের উদ্ভব হয়, উহাতে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের স্থায়িত্ব নষ্ট হয়। অধিকন্তু অনার্দ্র বেরিয়াম পার-অক্সাইডের উপর অল্প সময়ের মধ্যে অদ্রাব্য বেরিয়াম সালফেটের একটি স্তর পড়ে এবং বিক্রিয়া বন্ধ হইয়া যায়। সেইজন্য বেরিয়াম পার-অক্সাইডের সূক্ষ্ম গুড়া জলে মিশাইয়া অনবরত নাড়িয়া সোদক বেরিয়াম পার-অক্সাইডের ($BaO_2 . 8H_2O$) লেই প্রস্তুত করার পর ব্যবহার করিতে হয়।

(৩) বেরিয়াম পার-অক্সাইডের লেই লঘু অ্যাসিডকে নাড়িয়া এমনভাবে ঢালিতে হইবে যাহাতে উহা অ্যাসিডে সর্বত্র সমভাবে মিশ্রিত হয়।

(৪) বিক্রিয়ার পর দ্রবণ অ্যাসিডীয় থাকা দরকার। দ্রবণে সামান্য অ্যাসিড থাকিলে উহা ঋণাত্মক অনুঘটকরূপে কাজ করিয়া হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের বিযোজন গতি কমায়।

(৫) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহার উপযুক্ত নয়, কারণ উহা বেরিয়াম পার-অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়ায় দ্রাব্য বেরিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে, যাহাকে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড হইতে অপসারণ করা কঠিন।

(ই) বেরিয়াম পার-অক্সাইড ও কার্বনিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায়ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। এই পদ্ধতির নাম **মার্ক পদ্ধতি**।

একটি পাত্রে জল লইয়া তাহা বরফজল দ্বারা শীতল করা হয়। এই শীতল জলে আস্তে আস্তে বিচূর্ণ বেরিয়াম পর-অক্সাইড যোগ করা হয়। অদ্রাব্য বেরিয়াম পার-অক্সাইড পাত্রের জল ঘোলা করিয়া রাখে। এই পাত্রটিকে আবার লবণ বরফের হিম-মিশ্রণে প্রায় 0°C পর্যন্ত ঠাণ্ডা করিয়া এই শীতল মিশ্রণে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালনা করা হয়। ফলে অদ্রাব্য বেরিয়াম কার্বনেট ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। ফিলটার করিয়া বেরিয়াম কার্বনেট পৃথক করিলে দ্রবণে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড থাকে। $BaO_2 + H_2O + CO_2 = BaCO_3 + H_2O_2$.

মার্কের পার হাইড্রোল ঃ বাজারে যে 30% হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড পার-হাইড্রোল নামে বিক্রয় হয় তাহা সোডিয়াম পার-অক্সাইড ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়াজাত। $Na_2O_2 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O_2$

লবণ ও বরফের হিম মিশ্রণে শীতলীকৃত লঘু (20%) সালফিউরিক অ্যাসিডে সাবধানে অল্প অল্প করিয়া সোডিয়াম পার-অক্সাইড মিশানো হয়। ইহাতে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ও সোডিয়াম সালফেট গঠিত হয়। নিম্ন তাপমাত্রায় উৎপন্ন সোডিয়াম সালফেট—গ্লবার লবণের (Na_2SO_4, $10H_2O$) কেলাসরূপে পৃথক হয় এবং পরিস্রাবণ দ্বারা পৃথক করিলে দ্রবণে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড পাওয়া যায়। এই দ্রবণ কম চাপে পাতিত (অনুপ্রেষ পাতন—distillation under reduced pressure) করিয়া 30% হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড বা পার-হাইড্রোল প্রস্তুত করা হয়।

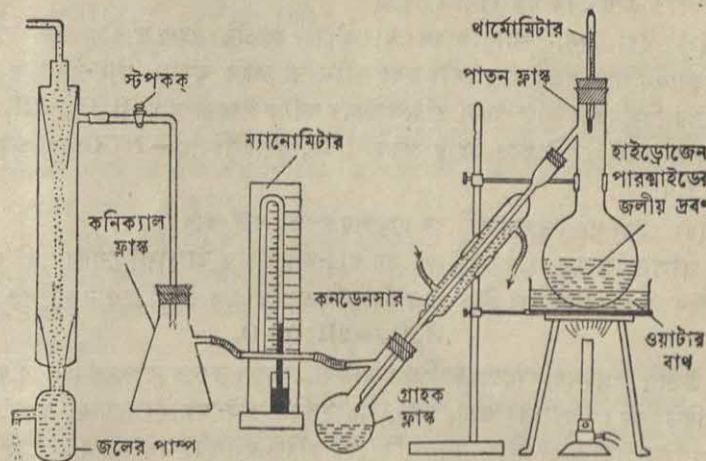
বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রস্তুতি ঃ পার-অক্সাইড এবং অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় প্রস্তুত হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড জলীয় দ্রবণে পাওয়া যায়। জল ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড আংশিক পাতন দ্বারা পৃথক করা সম্ভব হয় না। কারণ, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উহার স্ফুটনাঙ্কের অনেক নীচের তাপমাত্রায়ই অক্সিজেন ও জলে বিযোজিত হইতে থাকে। সেইজন্য কম চাপে স্ফুটনাঙ্কের নীচের তাপমাত্রায় পাতিত করিয়া হাইড্রোজেন পার অক্সাইড বিশুদ্ধ করিতে হয়।

জল হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড অপেক্ষা বেশী উদ্বায়ী; কারণ, স্বাভাবিক চাপে জলের স্ফুটনাঙ্ক 100°C এবং হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের স্ফুটনাঙ্ক 151°C। প্রথমতঃ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের লঘু জলীয় দ্রবণ একটি পোর্সেলিন বেসিনে লইয়া জলগাহে আস্তে আস্তে 60° – 70°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। বুদ্‌বুদ আকারে কোন গ্যাস নির্গত হইতেছে দেখিলে বুঝিতে হইবে হাইড্রোজেন পার অক্সাইড হইতে অক্সিজেন বাহির হইতেছে। এইরূপ তাপাঙ্কে বেশী উদ্বায়ী জল বাষ্পাকারে উবিয়া যায় এবং হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের দ্রবণ ঘনীভূত হইতে থাকে। এই দ্রবণের গাঢ়ত্ব 66% পর্যন্ত হয়। তাপমাত্রা আরও বৃদ্ধি করিলে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের দ্রবণ ঘনীভূত হওয়ার পরিবর্তে ইহার বিযোজন প্রবলভাবে সুরু হয়।

অতএব, এই 66% হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণকে অনুপ্রেষ পাতন প্রক্রিয়ার (চাপ 15 mm, তাপমাত্রা 85°C) সাহায্যে 99% বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডে পরিণত করা হয়। অতঃপর এই হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডকে বায়ুশূন্য শোষকাধারে (vacuum desiccator) ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের উপর বসাইয়া রাখা হয়। ইহাতে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের অবশিষ্ট জল আস্তে আস্তে শোষণ করে এবং বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড পাওয়া যায়।

অনুপ্রেষ বা কম চাপ পাতনে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের বিশুদ্ধিকরণের পদ্ধতির বর্ণনা ঃ

থার্মোমিটারযুক্ত একটি গোলতল পাতন ফ্লাস্কে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের লঘু জলীয় দ্রবণ লইয়া জলগাহে বসানো হয়। ফ্লাস্কের পার্শ্বনলে কর্কের মাধ্যমে একটি

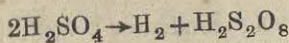
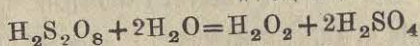
লাইবিগ শীতক যন্ত্র (Liebig condenser) লাগানো থাকে, উহার শেষ প্রান্তে একটি পার্শ্বনলযুক্ত গ্রাহক ফ্লাস্ক (receiver) আটকানো আছে। সমস্ত যন্ত্রসজ্জা, কর্কের সংযোগ ইত্যাদি বায়ুরোধী হওয়া দরকার। গ্রাহকের পার্শ্বনল রবারের মোটা টিউবের সাহায্যে বায়ু মাপিবার যন্ত্রের (manometer) সঙ্গে সংযোজিত করা হয়। পরে একটি খালি ফ্লাস্কের মধ্য দিয়া জলের পাম্পে যুক্ত করা হয়। জল-পাম্প চালু করিয়া জলগাহের জল আস্তে আস্তে গরম করিতে হয়। দ্রবণের উপরের বায়ুচাপ কমিয়া প্রায় 15 mm. হইলেই প্রথমে জল 35° – 40°C তাপমাত্রায় বাহির হইয়া

চিত্র ২(২২)—হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড বিশুদ্ধিকরণ

যাইবে এবং গ্রাহকে সংগৃহীত হইবে। গ্রাহকের পরিবর্তন করিয়া 70° – 80°C তাপমাত্রায় পাতন করিলে ঘন হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ইহাতে সংগৃহীত হইবে। এইভাবে নিম্নচাপে বার বার পাতন করিয়া শতকরা 99 ভাগ গাঢ়ত্বের হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড পাওয়া যাইবে।

পরে যথারীতি শূন্য শোষকাধারে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের উপর রাখিয়া অবশিষ্ট জল দূর করা হয়। এই বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডকে – 10°C শীতল করিলে ইহা কেলাসিত অবস্থায় পাওয়া যায়।

তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি দ্বারা ঃ অধুনা 50% সালফিউরিক অ্যাসিডকে বরফে ঠাণ্ডা করিয়া কপার ক্যাথোড ও প্লাটিনাম অ্যানোডের সাহায্যে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। এই পদ্ধতিই হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপাদনের আধুনিক শিল্প-পদ্ধতি। তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে অ্যানোডে প্রথমে পার-ডাই-সালফিউরিক অ্যাসিড তৈয়ারী হয়। পরে উহা লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় এবং হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন করে। অনুপ্রেষ পাতন প্রক্রিয়ায় 30% হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের দ্রবণ পাওয়া যায়।

$$2H_2SO_4 \rightarrow H_2 + \underset{\text{পার-ডাই-সালফিউরিক অ্যাসিড}}{H_2S_2O_8}$$

$$H_2S_2O_8 + 2H_2O = H_2O_2 + 2H_2SO_4$$

অ্যামোনিয়াম বাই-সালফেট লবণের দ্রবণকে তড়িৎবিশ্লেষণ করিয়াও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।

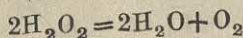
ধর্ম—ভৌত : (১) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড একটি বর্ণহীন, স্বচ্ছ, ঘন তরল পদার্থ। ঘনস্তরে ইহার একটি নীলাভ রং দেখা যায়। ইহাতে নাইট্রিক অ্যাসিডের ন্যায় তীব্র গন্ধ আছে।

(২) ইহা জল, অ্যালকোহল বা ইথার প্রভৃতি জৈব দ্রাবকে প্রচুর দ্রাব্য। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ কঠিন বা তরল কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং ইথারের হিমমিশ্রণে অতি শীতল করিলে উহার স্ফটিক পাওয়া যায় ($H_2O_2, 2H_2O$)।

(৩) 0°C সেন্টিগ্রেডে ইহার ঘনত্ব 1·46, ইহার হিমাঙ্ক −1·7°C এবং স্ফুটনাঙ্ক 151°C।

(৪) ইহা ঘন অবস্থায় শরীরের চামড়ায় ক্ষতের সৃষ্টি করে।

রাসায়নিক : (১) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডকে **অস্থায়ী যৌগ** বলা যায়। সাধারণ তাপমাত্রায়ই ইহা ধীরে ধীরে বিযোজিত হইয়া জল ও অক্সিজেনে পরিণত হয়।

$$2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$$

উত্তাপ প্রয়োগে, আলোকরশ্মি দ্বারা বা অমসৃণ তলের সংস্পর্শে এই বিযোজন ত্বরান্বিত হয়। কাচের গুড়া, ক্ষার, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড, গোল্ড, প্ল্যাটিনাম, আয়োডিন প্রভৃতি এই বিযোজনের গতি বৃদ্ধি করিয়া বর্ধকের কাজ করে।

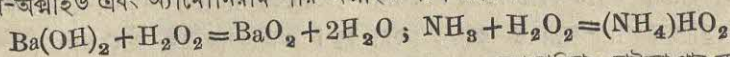
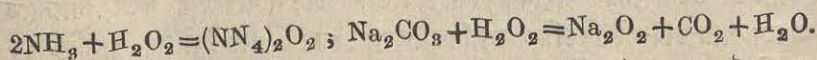
হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডকে ইহার স্ফুটনাঙ্কে (151°C) উত্তপ্ত করিলে ইহা বিস্ফোরণ সহ অক্সিজেন ও জলীয় বাষ্প দেয়।

পক্ষান্তরে অল্প পরিমাণ সালফিউরিক অ্যাসিড, ফসফরিক অ্যাসিড, গ্লিসারিন প্রভৃতি ইহার বিযোজনের গতি মন্থর করিয়া বাধকের কাজ করে।

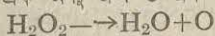
(২) **ইহা অতি মৃদু অ্যাসিডধর্মী।** লঘু জলীয় দ্রবণে ইহা একটি প্রশম পদার্থ। কিন্তু ঘন অবস্থায় ইহা নীল লিটমাসকে লাল করে, ক্ষারদ্রব্য যথা—সোডিয়াম, পটাসিয়াম ও বেরিয়াম হাইড্রোক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ধাতব পার-অক্সাইড গঠন করে।

বিশুদ্ধাবস্থায় ইহা অ্যামোনিয়ার সহিত বিক্রিয়া করিয়া অ্যামোনিয়াম হাইড্রো পার-অক্সাইড এবং অ্যামোনিয়াম পার-অক্সাইড গঠন করে।

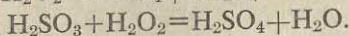
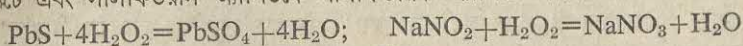
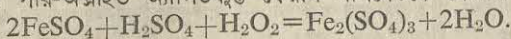
$$Ba(OH)_2 + H_2O_2 = BaO_2 + 2H_2O\ ;\ NH_3 + H_2O_2 = \underset{\text{অ্যামোনিয়াম হাইড্রো পার-অক্সাইড}}{(NH_4)HO_2}$$

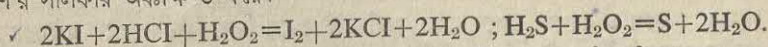
$$2NH_3 + H_2O_2 = (NN_4)_2O_2\ ;\ Na_2CO_3 + H_2O_2 = Na_2O_2 + CO_2 + H_2O.$$

এইসব বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের অ্যাসিডধর্ম প্রকাশ পাইতেছে। উৎপন্ন পার-অক্সাইডগুলি ইহার লবণ।

(৩) **প্রবল জারণ ক্ষমতা ইহার একটি বিশিষ্ট ধর্ম।** জারণকালে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ভাঙিয়া এক অণু জল ও এক পরমাণু অক্সিজেন দেয়।

$$H_2O_2 \rightarrow H_2O + O$$

ইহার তীব্র জারণ ক্ষমতা এই জায়মান অক্সিজেনের উপরই নির্ভরশীল। ম্যাগনেসিয়াম ধাতু ও ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড চূর্ণের মিশ্রণে, কার্বন ও ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণে, অথবা তুলা যুক্ত পশমে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ঢালিলে আগুন জ্বলিয়া উঠে।

ইহা কালো লেড সালফাইডকে সাদা লেড সালফেটে, সোডিয়াম নাইট্রাইটকে সোডিয়াম নাইট্রেটে এবং সালফিউরাস অ্যাসিডকে সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত করে।

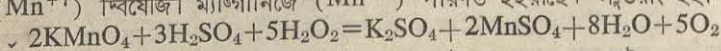
$$PbS + 4H_2O_2 = PbSO_4 + 4H_2O; \quad NaNO_2 + H_2O_2 = NaNO_3 + H_2O$$
$$H_2SO_3 + H_2O_2 = H_2SO_4 + H_2O.$$

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড অ্যাসিডযুক্ত ফেরাস সালফেটকে ফেরিক সালফেটে জারিত করে। $2FeSO_4 + H_2SO_4 + H_2O_2 = Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O.$

অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্বারা জারিত হইয়া বেগুনী বর্ণের আয়োডিন মুক্ত করে। হাইড্রোজেন সালফাইড জারণের ফলে হলুদ বর্ণের সালফার অধঃক্ষিপ্ত করে।

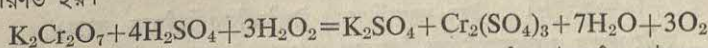
$$2KI + 2HCl + H_2O_2 = I_2 + 2KCl + 2H_2O\ ;\ H_2S + H_2O_2 = S + 2H_2O.$$

প্রত্যেক জারণক্রিয়াতেই হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড **নিজে জলে বিজারিত হয়।**

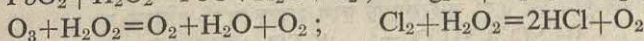
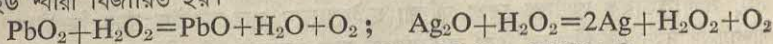
জারণ ক্রিয়া দ্বারাই ইহা সিল্ক, উল, পালক বিরঞ্জিত করে এবং কালো চুলকে সোনালী রঙে রঞ্জিত করে।

(৪) আপাতদৃষ্টিতে কতকগুলি জারক দ্রব্যের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ইহা **বিজারণ ক্ষমতা** দেখায়। অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের দ্রবণে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দিলে পারম্যাঙ্গানেট বিজারিত হইয়া ম্যাঙ্গানাস লবণ দেয় এবং বেগুনী দ্রবণ বর্ণহীন হয়। সঙ্গে অক্সিজেনও নির্গত হয়।

এখানে $KMnO_4$ পরিবর্তিত হইয়া $MnSO_4$ হইয়াছে অর্থাৎ সপ্তযোজী ম্যাঙ্গানিজ (Mn^{+7}) দ্বিযোজী ম্যাঙ্গানিজে (Mn^{+2}) পরিণত হইয়াছে। সুতরাং ইহা বিজারণ।

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2O_2 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5O_2$$

অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট দ্রবণও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্বারা বিজারিত হয় এবং ক্রোমিক লবণ উৎপন্ন হয়। ডাইক্রোমেটের কমলা বর্ণের দ্রবণ সবুজ হইয়া যায়। এই বিজারণ ক্রিয়ায় ষড়যোজী ক্রোমিয়াম (Cr^{+6}) ত্রিযোজী ক্রোমিয়ামে (Cr^{+3}) পরিণত হয়।

$$K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 + 3H_2O_2 = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O + 3O_2$$

লেড ডাই-অক্সাইড, সিলভার অক্সাইড, ওজোন, ক্লোরিন ইত্যাদি হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্বারা বিজারিত হয়।

$$PbO_2 + H_2O_2 = PbO + H_2O + O_2\ ; \quad Ag_2O + H_2O_2 = 2Ag + H_2O_2 + O_2$$
$$O_3 + H_2O_2 = O_2 + H_2O + O_2\ ; \quad Cl_2 + H_2O_2 = 2HCl + O_2$$

উপরের প্রতি ক্ষেত্রেই বিক্রিয়ায় অক্সিজেন নির্গত হয়।

অধিকতর তীব্র জারক দ্রব্যই হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্বারা বিজারিত হয়।

এইরূপ বিক্রিয়ায় অন্য পদার্থের বিজারণ ঘটাইলেও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড নিজে জারিত হয় না, বরং বিজারিত হইয়া জল উৎপন্ন করে। সুতরাং এই সব ক্রিয়া সঠিক ভাবে বিজারণ ক্রিয়ার পর্যায়ে পড়ে না।

(৫) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড **যুত-যৌগ** গঠনে সক্ষম। জলের অণু যেমন বহু

পদার্থের সঙ্গে সংযুক্ত হইয়া নানাবিধ স্ফটিকের সৃষ্টি করে, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের অণুও তেমনি অনেক পদার্থের সহিত সংলগ্ন থাকে।

$KF, H_2O_2, (NH_4)_2SO_4, H_2O_2,$ CON_2H_4 (ইউরিয়া), H_2O_2 ইত্যাদি।

পরীক্ষা দ্বারা হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের ধর্মের প্রমাণ :

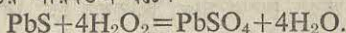
(১) **ইহা অস্থায়ী যৌগ** এবং সহজেই বিযোজিত হইয়া অক্সিজেন দেয়। একটি পরীক্ষা-নলে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণ লইয়া উহাতে একটু ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড মিশাইয়া ঝাঁকাইলে বুদ্‌বুদ্‌ আকারে গ্যাস নির্গত হইতে থাকে। এই নির্গত গ্যাসে শিখাহীন জ্বলন্ত শলাকা ধরিলে উহা উজ্জ্বলভাবে জ্বলিতে থাকে। এই গ্যাস ক্ষারযুক্ত পাইরোগ্যালেট দ্রবণে দ্রবীভূত হয়। ইহাতে প্রমাণিত হয় যে নির্গত গ্যাস অক্সিজেন।

এখানে উল্লেখ করা দরকার হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণে সামান্য সালফিউরিক বা ফসফরিক অ্যাসিড অথবা গ্লিসারিন যোগ করিলে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের বিযোজন মন্থর হয়। উক্ত পদার্থগুলি ঋণাত্মক অনুঘটকের কাজ করে।

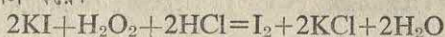
হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের দ্রবণ ভাল ভাবে ছিপি আটা বোতলে সংরক্ষিত হয়। দ্রবণে সামান্য অ্যাসিড মিশাইয়া বিযোজন যথাসম্ভব বন্ধ করা হয়।

(২) **হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের প্রবল জারণ ক্ষমতা আছে।**

(ক) একখণ্ড কাগজ প্রথমে লেড অ্যাসিটেট দ্রবণে সিক্ত করিয়া পরে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাসে ধরিলে উহা কালো হইয়া যায়। লেড সালফাইড উৎপন্ন হয় বলিয়াই কাগজ কালো হয়। এই কালো কাগজ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণে দিলে ইহা সাদা হইয়া যায়। কালো লেড সালফাইড জারিত হইয়া সাদা লেড সালফেট গঠিত হয় বলিয়া এইরূপ রঙের পরিবর্তন ঘটে।

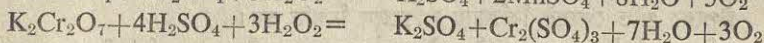
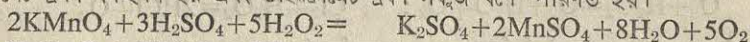
$$PbS+4H_2O_2=PbSO_4+4H_2O.$$

দীর্ঘদিন বাতাসে উন্মুক্ত থাকায় কালো হইয়াছে এমন তৈলচিত্র হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণ দ্বারা ধৌত করিলে পূর্বের রঙ ফিরিয়া পায়। তৈলচিত্র অংকনে লেডযৌগের রং ব্যবহৃত হয়। বায়ুস্থিত হাইড্রোজেন সালফাইড ধীরে ধীরে ইহার উপর ক্রিয়া করে বলিয়া দীর্ঘদিনে উহা লেড সালফাইডে পরিণত হইয়া কালো হয়। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড জারণক্রিয়া দ্বারাই কালো রঙ দূর করে।

(খ) একটি পরীক্ষা-নলে পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ লইয়া উহাতে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করা হয়। অতঃপর ইহাতে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণ মিশাইলে বেগুনী বর্ণের আয়োডিন মুক্ত হইতে দেখা যায়। এই মুক্ত আয়োডিন স্টার্চ দ্রবণে সিক্ত কাগজকে নীল করে।

$$2KI+H_2O_2+2HCl=I_2+2KCl+2H_2O$$

স্টার্চ $+ I_2 \longrightarrow$ নীল। (ইহা আয়োডিনের উপস্থিতির নিশ্চিত প্রমাণ)

(৩) **হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের বিজারণ** ক্ষমতাও আছে। দুইটি পরীক্ষা-নলে যথাক্রমে পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেট ও পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণ লওয়া হয়। দ্রবণ দুইটিতে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণ মিশাইলে পারমাঙ্গানেট দ্রবণ বর্ণহীন হয় এবং ডাইক্রোমেট দ্রবণ সবুজ বর্ণে পরিণত হয়।

$$2KMnO_4+3H_2SO_4+5H_2O_2= \quad K_2SO_4+2MnSO_4+8H_2O+5O_2$$

$$K_2Cr_2O_7+4H_2SO_4+3H_2O_2= \quad K_2SO_4+Cr_2(SO_4)_3+7H_2O+3O_2$$

ব্যবহার : (১) ইহার লঘু জলীয় দ্রবণ (বাজারে পার-হাইড্রোল নামে যাহা বিক্রয় হয়) জীবাণুনাশকরূপে এবং বিষাক্ত ক্ষত ধৌত করিতে ব্যবহৃত হয়। (২) ল্যাবরেটরীতে জারকদ্রব্য হিসাবে ইহা প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ও ফেরাস সালফেটের দ্রবণের মিশ্রণকে ফেণ্টোনের বিকারক (Fenton's reagent) বলা হয়। এই

মিশ্রণও জারক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। (৩) পুরাতন তৈলচিত্র পরিষ্কার করিবার জন্য ইহার ব্যবহার আছে। (৪) সিল্ক, উল, পালক, হাতির দাঁত ইত্যাদি বিরঞ্জনে ইহার প্রয়োজন হয়। (৫) ক্লোরিন বা ব্লিচিং পাউডার দ্বারা বিরঞ্জিত পদার্থের অতিরিক্ত ক্লোরিন হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্বারা দূর করা হয়। (৬) রকেট চালনার জ্বালানী হিসাবেও ইহা ব্যবহৃত হয়।

সনাক্তকরণ : (১) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডে স্টার্চ-পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে সিক্ত কাগজ নীল হয় বলিয়া হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডকে সনাক্ত করিতে এই পরীক্ষা করা হয়। (২) একখণ্ড ফিল্টার কাগজ লেড অ্যাসিটেট লবণে সিক্ত করিয়া হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাসে ধরিলে কালো হয়। এই কালো কাগজ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণ দ্বারা সাদা হইয়া যায়। (৩) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট দ্রবণে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণ ও ইথার মিশাইয়া ঝাঁকাইলে ইথারের বর্ণ নীল হয়। (৪) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেট দ্রবণের বেগুনী রং ইহা দ্বারা বর্ণহীন হয়। (৫) টাইটেনিয়াম ডাই-অক্সাইডে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ঢালিলে কমলা ও হলুদ মিশ্রবর্ণের টাইটেনিয়াম পার-অক্সাইডের দ্রবণ তৈয়ারী হয়।

জল ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের ধর্মের তুলনা।

ধর্ম	জল	হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড
বর্ণ, গন্ধ, স্বাদ।	বর্ণহীন, গন্ধহীন, স্বচ্ছ, তরল	লঘু দ্রবণ বর্ণহীন, গন্ধহীন, স্বাদহীন। কিন্তু ঘন দ্রবণ নীলাভ, নাইট্রিক অ্যাসিডের ন্যায় কটু গন্ধযুক্ত।
ঘনত্ব।	হালকা তরল, ঘনত্ব=1।	সিরাপের ন্যায় ঘন, ঘনত্ব 1·46।
স্থায়িত্ব।	স্থায়ী যৌগ, অধিক উদ্বায়ী, স্ফুটনাঙ্ক 100°C, স্ফুটনাঙ্কে স্টীমে পরিণত হয়, কোন বিস্ফোরণ ঘটে না।	অস্থায়ী যৌগ, সাধারণ তাপমাত্রায় ধীরে ধীরে জল ও অক্সিজেনে বিয়োজিত হয়। উত্তাপ ও অনুঘটক যোগে বিয়োজনের গতি বাড়ে। স্ফুটনাঙ্ক 151°C। স্ফুটনাঙ্কে উত্তপ্ত করিলে বিস্ফোরণ ঘটে এবং অক্সিজেন ও স্টীম গঠিত হয়।
লিটমাসের উপর ক্রিয়া।	প্রশম, লিটমাসের বর্ণ পরিবর্তিত করে না।	ঘন অবস্থায়—নীল লিটমাস লাল করে।
জারণ-বিজারণ ধর্ম।	সাধারণতঃ জারণ বা বিজারণ ক্ষমতা নাই।	একই সঙ্গে জারণ ও বিজারণধর্ম দেখায়।
	স্টার্চযুক্ত পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে সিক্ত কাগজে ক্রিয়া করে না।	স্টার্চযুক্ত পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে সিক্ত কাগজ নীল হয়।
	লেড সালফাইডের উপর ক্রিয়াহীন।	কালো লেড সালফাইড সাদা লেড সালফেটে জারিত হয়।
	অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণে জল ও ইথার মিশাইয়া ঝাঁকাইলে ইথারের রং-এর পরিবর্তন হয় না।	অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ও ইথার মিশ্রিত করিয়া ঝাঁকাইলে ইথার নীলবর্ণ ধারণ করে।
	পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেটের রঙ পরিবর্তিত করে না।	অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেট দ্রবণ বর্ণহীন হয়।

এই সকল বিক্রিয়া দ্বারা কোন তরল হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড কি জল তাহা সহজে বুঝা যায়। ইহা ছাড়াও অনার্দ্র কপার সালফেটের উপর ক্রিয়া, সদ্য-দহিত চুনের উপর ক্রিয়া প্রভৃতি জলের কয়েকটি বিশেষ পরিচায়ক পরীক্ষাও জল নিশ্চিত ভাবে সনাক্ত করে।

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণের শক্তি : হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণের শক্তি বা গাঢ়ত্ব আয়তন মাত্রায় প্রকাশ করাই রীতি। যেমন 10 volume, 20 volume, 30 volume হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ইত্যাদি।

প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় (760 m m. চাপ ও 0°C উষ্ণতা) যদি কোন হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের V আয়তন হইতে নিজ আয়তনের x গুণ অক্সিজেন পাওয়া যায় তবে ঐ দ্রবণের শক্তি xV বলিয়া গণ্য হয়।

অর্থাৎ 20 volume হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের 1 ml. উত্তপ্ত করিলে 760 mm চাপে ও 0°C উষ্ণতায় যে অক্সিজেন উৎপন্ন হয় তাহার আয়তন 20ml.

আমরা জানি, $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$

68 · 22400 মিলিলিটার (অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প)

অথবা, 1 গ্রাম $H_2O_2 = 22400/68 = 329{\cdot}4$ মি. লি. অক্সিজেন

∴ 1% হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের 100 মি. লি. = 329·4 মি. লি. অক্সিজেন।

∴ ইহা হইতে বলা যায়—

1 মি. লি. 1% H_2O_2, 3·294 মি. লি. অক্সিজেন নির্গত করে।

সুতরাং একক আয়তন দ্রবণ হইল 1/3·294 মাত্রার = 0·303 শক্তিমাত্রায়

∴ 10 আয়তন দ্রবণ (10 volume) হইল $10 \times \frac{1}{3{\cdot}294} = 3{\cdot}03$ শক্তিমাত্রায়

∴ V আয়তন দ্রবণ (V volume) হইল $V/3{\cdot}294 = 0{\cdot}303 \times V$ শক্তিমাত্রায়।

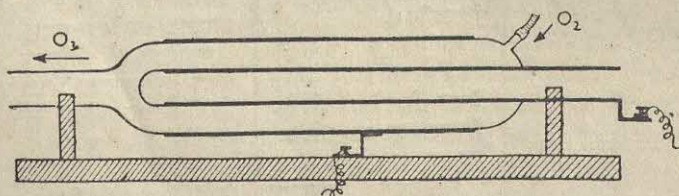
ওজোন, O_3

1840 খ্রীঃ স্কোনবি (Schonbein) বায়ুর মধ্যে বিদ্যুৎ-ক্ষরণ দ্বারা একটি নূতন গ্যাসীয় পদার্থের অস্তিত্ব প্রমাণ করেন। এই নূতন গ্যাসটির বিশিষ্ট গন্ধের জন্য নামকরণ করা হয় ওজোন (গ্রীক ভাষায় OZO অর্থ to smell)।

প্রস্তুতি : ল্যাবরেটরী পদ্ধতি : সাধারণতঃ বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অক্সিজেন গ্যাসকে শব্দহীন বিদ্যুৎ-ক্ষরণের সাহায্যে আংশিকভাবে ওজোনে পরিবর্তিত করিয়া ওজোনিত অক্সিজেন প্রস্তুত করা হয়। $3O_2 \rightleftharpoons 2O_3$.

এই বিক্রিয়াটি প্রচুর তাপগ্রাহী।

ল্যাবরেটরীতে ওজোন প্রস্তুতিতে দুইটি ভিন্ন যন্ত্র ব্যবহার করা হয়। একটির নাম সিমেন্স যন্ত্র (Siemen's apparatus) এবং অপরটি ব্রডির যন্ত্র (Brodie's apparatus)।

সীমেন্স যন্ত্রে ওজোন প্রস্তুতি : সীমেন্স যন্ত্র একই অক্ষবিশিষ্ট দুইটি কাচনলের

চিত্র ২(২৩)—সীমেন্সের যন্ত্র

দ্বারা গঠিত, একটি অপেক্ষাকৃত মোটা এবং অপরটি সরু। মোটা কাচনলের ভিতরে সরু নলটি প্রবেশ করানো থাকে। সরু নলের ভিতরের প্রান্তটি বন্ধ। অপর প্রান্তের সহিত বাহিরের নলটি জুড়িয়া দেওয়া হয়। বাহিরের মোটা নলে দুইটি পথ আছে। একটি পথে অক্সিজেন ভিতরে প্রবেশ করে এবং অপরটি দিয়া বাহিরে আসে। মোটা নলটির বাহিরের দিক এবং সরু নলটির ভিতরের দিক পাতলা টিনের পাত দ্বারা আবৃত করিয়া ব্যাটারী ও আবেশকুণ্ডলীর (induction coil) সাহায্যে উহাদের ভিতর শব্দহীন বিদ্যুৎ-ক্ষরণ করা হয়। দুইটি নলের মধ্যবর্তী স্থানে ধীরে ধীরে বিশুদ্ধ, শুষ্ক অক্সিজেন প্রবাহ পাঠাইলে উহা শব্দহীন বিদ্যুৎ-ক্ষরণের প্রভাবে আংশিকভাবে ওজোনে পরিণত হয় এবং নির্গমপথে যে গ্যাস বাহিরে আসে তাহা ওজোন ও অক্সিজেনের গ্যাসীয় মিশ্রণ। এই পদ্ধতিতে 6–10% অক্সিজেন ওজোনে পরিণত হয়।

ব্রডির যন্ত্রে ওজোন প্রস্তুতি : দুইটি সমকেন্দ্রী কাচনলের সমন্বয়ে এই যন্ত্রটির প্রধান অংশ গঠিত। একটি অপেক্ষাকৃত মোটা নলে নিচের দিকে বন্ধ একটি সরু নল সমকেন্দ্রী করিয়া বসানো হয়। সরু নলটির উপরের প্রান্ত বাহিরের মোটা নলটির সহিত বায়ুরুদ্ধ করিয়া জুড়িয়া দেওয়া হয়। ভিতরের নলটি লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা পূর্ণ থাকে। বাহিরের নলটি U আকৃতির। উহার অপর বাহুটি অপেক্ষাকৃত সরু। অতঃপর সম্পূর্ণ যন্ত্রটিকে একটি কাচের পাত্রে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে ডুবাইয়া রাখা হয়। যন্ত্রে অক্সিজেনের প্রবেশ ও নির্গমনের জন্য দুইটি পৃথক পথ থাকে।

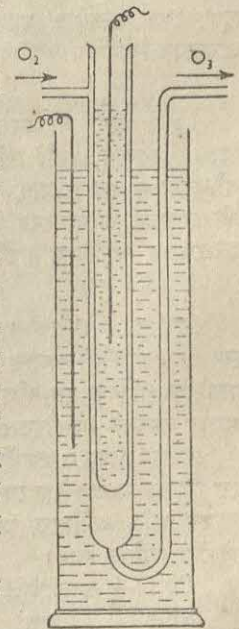
সমকেন্দ্রী ছোট নলের এবং কাচপাত্রের অ্যাসিড দ্রবণে দুইটি প্লাটিনামের তার নিমজ্জিত রাখা হয় এবং আবেশ-কুণ্ডলীর সহিত যুক্ত করিয়া উহাদের দ্বারা শব্দহীন বিদ্যুৎ-ক্ষরণ চালনা করা হয়। সমকেন্দ্রী নল দুইটির মধ্যবর্তী স্থান দিয়া ধীরে ধীরে শুষ্ক অক্সিজেন গ্যাস চালনা করিলে উহা শব্দহীন বিদ্যুৎক্ষরণের প্রভাবে ওজোন উৎপন্ন করে এবং এইভাবে অক্সিজেনের প্রায় 20% ওজোনে রূপান্তরিত হইয়া নির্গমপথে বাহিরে আসে।

চিত্র ২(২৪)—ব্রডির যন্ত্র

বিশুদ্ধ ওজোন প্রস্তুতি : ওজোন-মিশ্রিত অক্সিজেনকে তরল বায়ু দ্বারা শীতল করিয়া একটি গাঢ় নীল বর্ণের তরলে পরিণত করা হয় এবং মিশ্রণের আংশিক পাতন দ্বারা অক্সিজেনকে প্রথমে অপসারিত করা হয়। পাম্পের সাহায্যে অক্সিজেনকে ক্রমাগত টানিয়া সরাইলে তরল আরও শীতল হইতে থাকে এবং ওজোন একটি প্রায় কালো কঠিন পদার্থে পরিণত হয়। এই কঠিন ওজোনের গলনাঙ্ক –249°C এবং স্ফুটনাঙ্ক –112·4°C। উহাকে উদ্বায়িত করিয়া বিশুদ্ধ ওজোন গ্যাস প্রস্তুত করা হয়। এইভাবে প্রস্তুত ওজোন শীঘ্রই বিযোজিত হইতে থাকে।

এই প্রক্রিয়া খুব সতর্কতার সঙ্গে করা প্রয়োজন; কেননা ইহাতে বিস্ফোরণ হওয়ার আশঙ্কা বর্তমান।

ওজোন প্রস্তুতিকালে নিম্নলিখিত বিষয় সম্বন্ধে অবহিত থাকা দরকার।

(১) যথেষ্ট তড়িৎশক্তি সম্পন্ন পরা ও অপরা বিদ্যুৎবাহী দুইটি ধাতুকে যদি পরস্পরের খুব নিকটে আনা হয় এবং যদি তাহাদের কোন সংযোগ না থাকে তবে পরা হইতে অপরা প্রান্তে বিদ্যুৎ-ক্ষরণ হইতে দেখা যায় এবং এই বিদ্যুৎক্ষরণকালে প্রচুর তাপ ও আলোর সৃষ্টি সহ স্ফুলিঙ্গের

উৎপত্তি হয়। এই ধাতু দুইটির মধ্যে পাতলা কাচ জাতীয় কোন অন্তরক দ্রব্য (insulator) থাকিলে বিদ্যুৎক্ষরণ ক্রিয়া নিঃশব্দে হয় এবং এই ব্যবস্থায় তড়িৎ স্ফুলিংগ সৃষ্টি বন্ধ হয়। ইহাকেই বলা হয় শব্দহীন বিদ্যুৎ ক্ষরণ (silent electric discharge)।

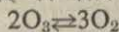
(২) অক্সিজেন ওজোনে রূপান্তরিত হওয়ার কালে প্রচুর তাপ শোষণ করে। অতএব এই প্রক্রিয়ায় ল্যা-স্যাটিলার নিয়ম অনুসারে উচ্চ তাপমাত্রায় অধিক পরিমাণ ওজোন পাওয়ার কথা। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে ওজোনকে কখনও উচ্চ তাপমাত্রায় প্রস্তুত করা হয় না, কারণ সাধারণ তাপমাত্রাতেই ওজোনের অক্সিজেনে বিযোজনের প্রবণতা দেখা যায়। উচ্চতাপে এই বিযোজন দ্রুততর হয়। সাধারণ বিদ্যুৎক্ষরণকালে যে উচ্চ তাপ ও তড়িৎস্ফুলিঙ্গের সৃষ্টি হয় তাহা ওজোনকে বিযোজিত করিয়া দেয় বলিয়াই সাবধানে শব্দহীন বিদ্যুৎক্ষরণ দ্বারা উহা তৈয়ারী করার রীতি।

ধর্ম—ভৌত : (১) ওজোন বিরক্তিকর, মৎস্য-গন্ধ যুক্ত, নীল বর্ণের একটি গ্যাস।

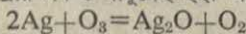
(২) ইহাকে ঠান্ডা করিয়া গাঢ় নীল বর্ণের তরলে পরিণত করা যায়। তরল ওজোন (স্ফুটনাংক $-112°C$) একটি বিস্ফোরক এবং চৌম্বকধর্মী পদার্থ।

(৩) ইহা জলে অক্সিজেন অপেক্ষা অধিক দ্রাব্য। তার্পিন তৈলে ইহা সহজে শোষিত হয়। ইহা অ্যাসিটিক অ্যাসিড, কার্বন টেট্রাক্লোরাইড প্রভৃতি জৈব দ্রাবকে দ্রবণীয় হইয়া নীল দ্রবণ তৈয়ারী করে। (৪) ইহা বায়ু অপেক্ষা প্রায় দেড়গুণ ভারী।

রাসায়নিক : (১) ওজোন খুব **স্থায়ী পদার্থ নহে।** স্বাভাবিক তাপমাত্রায় ইহা স্বতঃ ভাঙিয়া অক্সিজেনে পরিবর্তিত হইতে থাকে। তবে এই পরিবর্তনের গতি মন্থর। উত্তাপ প্রয়োগে (250—300°C) অথবা ধূলিকণা, সিলভার, প্লাটিনাম ইত্যাদি ধাতুর চূর্ণ, লেড অক্সাইড, ম্যাংগানিজ ডাই-অক্সাইড, আয়রন অক্সাইড প্রভৃতির উপস্থিতিতে ওজোনের বিযোজন ত্বরান্বিত হয়। এই সব পদার্থ প্রভাবকের কাজ করে।

$$2O_3 \rightleftharpoons 3O_2$$

(২) **ইহা অক্সিজেন অপেক্ষা অধিক সক্রিয়।** ইহা অন্য পদার্থের দহনে সহায়তা করে। **ওজোন একটি শক্তিশালী জারক দ্রব্য।** জারণকালে ওজোন ভাঙিয়া এক অণু অক্সিজেন ও এক পরমাণু অক্সিজেন দেয়। $O_3 \rightarrow O_2+O$ ওজোনের প্রবল জারণ ক্ষমতা এই জায়মান অক্সিজেনের উপর নির্ভরশীল।

গোল্ড, প্লাটিনাম ব্যতীত প্রায় সমস্ত ধাতুকেই ইহা অল্পাধিক অক্সাইডে জারিত করে।

$$2Ag+O_3=Ag_2O+O_2$$

ওজোনের সংস্পর্শে সাধারণ তাপমাত্রায় মার্কারীর গতিশীলতা ও ধাতব দ্যুতি নষ্ট হয় এবং মার্কারী কাচের উপর আটকাইয়া যায়। মার্কারী আংশিকভাবে মারকিউরাস অক্সাইডে পরিণত হয় বলিয়াই এইরূপ ঘটে। $2Hg+O_3=Hg_2O+O_2$

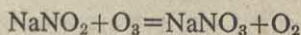
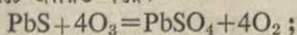
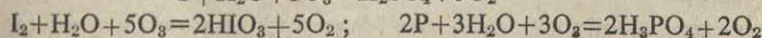
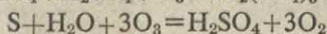
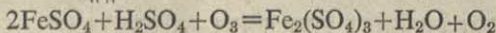
ওজোন রবারের নমনীয়তাও নষ্ট করে।

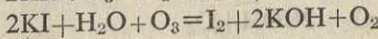
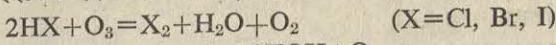
ওজোন লেড্ সালফাইডকে লেড সালফেটে, সোডিয়াম নাইট্রাইটকে নাইট্রেটে, অ্যাসিড-যুক্ত ফেরাস সালফেটকে ফেরিক সালফেটে, আর্দ্র সালফার, ফসফরাস, আয়োডিনকে উহাদের উচ্চতর অক্সি অ্যাসিডে, আর্দ্র অ্যামোনিয়াকে অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট ও অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটে জারিত করে।

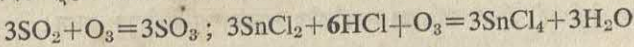
$$\underset{\text{কালো}}{PbS}+4O_3=\underset{\text{সাদা}}{PbSO_4}+4O_2\,; \qquad NaNO_2+O_3=NaNO_3+O_2$$

$$2FeSO_4+H_2SO_4+O_3=Fe_2(SO_4)_3+H_2O+O_2$$

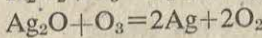
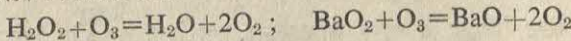
$$S+H_2O+3O_3=H_2SO_4+3O_2$$

$$I_2+H_2O+5O_3=\underset{\text{আয়োডিক অ্যাসিড}}{2HIO_3}+5O_2\,; \qquad 2P+3H_2O+3O_3=2H_3PO_4+2O_2$$

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (অথবা হাইড্রোব্রোমিক, হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড) ওজোন দ্বারা ক্লোরিনে (অথবা ব্রোমিন বা আয়োডিন) জারিত হয়। পটাসিয়াম আয়োডাইডের প্রশম দ্রবণ হইতেও ইহা আয়োডিন মুক্ত করে।

$$2HX+O_3=X_2+H_2O+O_2 \qquad (X=Cl, Br, I)$$
$$2KI+H_2O+O_3=I_2+2KOH+O_2$$

উপরের প্রত্যেক ক্ষেত্রেই ওজোন জারণকালে নিজে **অক্সিজেনে বিজারিত হয়**। কয়েকটি বিক্রিয়ায় দেখা যায় ওজোনের তিনটি পরমাণুই একসঙ্গে অংশগ্রহণ করিয়া জারণ ক্রিয়া সম্পন্ন করে। ওজোনের দ্বারা সালফার ডাই-অক্সাইড সালফার ট্রাই-অক্সাইডে, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যুক্ত স্ট্যানাস ক্লোরাইড স্ট্যানিক ক্লোরাইডে জারিত হয়।

$$3SO_2+O_3=3SO_3\ ;\ 3SnCl_2+6HCl+O_3=3SnCl_4+3H_2O$$

এইসব জারণকালে অক্সিজেন নির্গত হয় না।

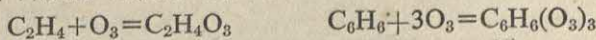
(৩) আপাতদৃষ্টিতে কয়েকটি বিক্রিয়ায় **ওজোন বিজারক দ্রব্যের মত ব্যবহার করে।** হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ও ওজোনের বিক্রিয়ায় জল ও অক্সিজেন গঠিত হয়। এখানে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ওজোনের দ্বারা জলে বিজারিত হইয়াছে বলা যায়। আবার বেরিয়াম পার-অক্সাইড ও সিলভার অক্সাইড ওজোন কর্তৃক যথাক্রমে বেরিয়াম অক্সাইড ও ধাতব সিলভারে বিজারিত হয়।

$$H_2O_2+O_3=H_2O+2O_2\ ; \quad BaO_2+O_3=BaO+2O_2$$
$$Ag_2O+O_3=2Ag+2O_2$$

পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট বা পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেটের উপর ওজোনের কোন ক্রিয়া নাই।

যদিও ওজোন এই সব বিক্রিয়ায় বিজারণ ধর্ম দেখাইতেছে, কিন্তু প্রকৃতপক্ষে ইহাকে ঠিক বিজারক বলা যায় না। কারণ বিজারক দ্রব্য ওজোন বিক্রিয়াকালে জারিত হয় নাই, বরং নিজেই অক্সিজেনে বিজারিত হইয়াছে।

(৪) **ওজোনের বিরঞ্জন ক্ষমতা আছে।** ইহা জারণ ক্রিয়া দ্বারা ভেষজ বর্ণ (vegetable colours) বিরঞ্জিত করে। নীল (Indigo) ওজোনের সংস্পর্শে বর্ণহীন হয়।

(৫) অসম্পৃক্ত জৈব যৌগের সহিত **যুত-যৌগ গঠন** ওজোনের একটি বিশেষ ধর্ম। এইরূপ যুত-যৌগকে বলা হয় ওজোনাইড এবং যে প্রক্রিয়ায় ওজোনাইড গঠিত হয় তাহাকে ওজোনোলাইসিস (Ozonolysis) বলে। ইথিলীন, বেঞ্জিন প্রভৃতি এইভাবে ওজোনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় তাহাদের ওজোনাইড তৈয়ারী করে।

$$\underset{\text{ইথিলীন}}{C_2H_4}+O_3=\underset{\text{ইথিলীন ওজোনাইড}}{C_2H_4O_3} \qquad \underset{\text{বেঞ্জিন}}{C_6H_6}+3O_3=\underset{\text{বেঞ্জিন ওজোনাইড}}{C_6H_6(O_3)_3}$$

এইসব ওজোনাইডের আর্দ্র বিশ্লেষণ জাত পদার্থ জৈব যৌগের গঠন নির্ধারণে খুব সাহায্য করে।

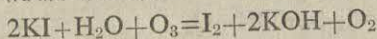
ব্যবহার : (১) ব্যাকটিরিয়া নষ্ট করার ক্ষমতা আছে বলিয়া ইহা পানীয় জলকে জীবাণুমুক্ত করিতে এবং বায়ুর বিশুদ্ধিকরণে ব্যবহৃত হয়। ভূগর্ভস্থ রেলপথের, জনাকীর্ণ স্থানের, হাসপাতালের, পশুশালার বাতাস অল্প পরিমাণ ওজোন দ্বারা নির্বীজন করা হয়।

(২) ল্যাবরেটরীতে জৈবপদার্থের জারণে ও ইহাদের গঠন নির্ধারণে ওজোন ব্যবহৃত হয়। (৩) তৈল, মোম প্রভৃতি বিরঞ্জিত করার জন্য ইহার ব্যবহার জানা আছে।

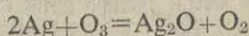
পরিচায়ক পরীক্ষা : (১) অস্বস্তিকর মৎস্য-গন্ধ হইতে ওজোনকে চিনিতে পারা যায়। (২) স্টার্চ মিশ্রিত পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে সিক্ত কাগজ ওজোনের সংস্পর্শে নীল হয়। ওজোন পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে আয়োডিন মুক্ত করে। এই আয়োডিন স্টার্চের সহিত বিক্রিয়ায় নীল হয়।

$$2KI+H_2O+O_3=I_2+2KOH+O_2$$

স্টার্চ $+I_2\rightarrow$ নীল যৌগ।

(৩) ওজোন বেঞ্জিডিন দ্রবণে সিক্ত কাগজকে তামাটে করে।

(৪) ওজোনিত অক্সিজেন পূর্ণ শুষ্ক ফ্লাস্কে একটু মার্কারী লইয়া ঝাঁকাইলে মার্কারীর চকচকে ভাব ও গতিশীলতা লোপ পায় এবং ইহা কাচপাত্রে আটকাইয়া থাকে। ফ্লাস্কে জল মিশ্রিত করিয়া নাড়িলে মার্কারীর পূর্বাবস্থা ফিরিয়া আসে।

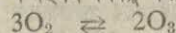
(৫) ওজোন ও সিলভারের বিক্রিয়ায় সিলভারের উপরিভাগে সিলভার অক্সাইডের একটি বাদামী স্তর গঠিত হয়। এই বিক্রিয়া ওজোনের সনাক্তকরণে ব্যবহৃত হয়।

$$2Ag+O_3=Ag_2O+O_2$$

অক্সিজেন এবং ওজোন একই মৌলিক পদার্থের রূপভেদ মাত্র :

অক্সিজেনকে শব্দহীন বিদ্যুৎ-ক্ষরণের সাহায্যে ওজোনে এবং উত্তাপ প্রয়োগে ওজোনকে অক্সিজেনে পরিণত করিয়া এই সত্য প্রমাণ করা যায়।

উপযুক্ত যন্ত্রে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অক্সিজেনের মধ্য দিয়া শব্দহীন বিদ্যুৎ-ক্ষরণ করার পর উৎপন্ন গ্যাসে স্টার্চ পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে সিক্ত কাগজ ধরিলে কাগজটি নীলবর্ণ ধারণ করে। ইহাতে প্রমাণিত হয় অক্সিজেন হইতেই ওজোনের উৎপত্তি।

এখন এই গ্যাসকে উত্তপ্ত করিলে (300°C) ইহা সম্পূর্ণভাবে অক্সিজেনে পরিণত হয়। ইহাতে স্টার্চ পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে সিক্ত কাগজ ধরিলে তাহা নীল হয় না। এই গ্যাস ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্রবণ দ্বারা শোষিত হয় এবং দ্রবণের বর্ণ বাদামী হয়। ইহা অক্সিজেনের সনাক্তকরণের এক বিশেষ পরীক্ষা। সুতরাং বলা যায় যে, উত্তাপ প্রয়োগে ওজোন অক্সিজেনে বিভাজিত হইয়াছে।

$$3O_2 \underset{\text{উত্তাপ}}{\overset{\text{শব্দহীন বিদ্যুৎ-ক্ষরণ}}{\rightleftharpoons}} 2O_3$$

ওজোন ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের ধর্মের তুলনা

ধর্ম	ওজোন	হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড
ভৌত ধর্ম।	নীল রং-এর, মৎস্য-গন্ধ যুক্ত গ্যাসীয় পদার্থ। ইহা অক্সিজেনের একটি রূপভেদ।	ঈষৎ নীল বর্ণের সিরাপের ন্যায় ঘন তরল পদার্থ। ইহাতে নাইট্রিক অ্যাসিডের ন্যায় কটু গন্ধ আছে। ইহা একটি পার-অক্সাইড।
দ্রবণীয়তা।	জলে সামান্য দ্রাব্য, কার্বনটেট্রা-ক্লোরাইড, তার্পিনতৈলে দ্রাব্য।	জলে এবং ইথার, অ্যাসিটিক অ্যাসিড ইত্যাদি জৈব দ্রাবকে সহজেই দ্রাব্য।

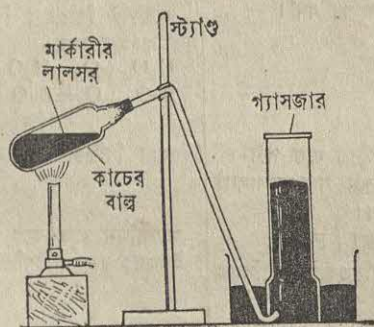
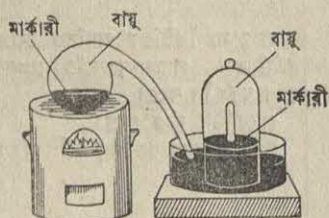
ধর্ম	ওজোন	হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড
স্থায়িত্ব।	কম স্থায়ী। সাধারণ তাপমাত্রায় ধীরে ধীরে অক্সিজেনে বিভাজিত হয়। এই বিভাজন উত্তাপে, অমসৃণ তল সংস্পর্শে বা ধূলিকণা, প্লাটিনাম ধাতু, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ইত্যাদি দ্রব্যের উপস্থিতিতে ত্বরান্বিত হয়। $2O_3 \rightleftarrows 3O_2$	হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড সাধারণ তাপমাত্রায় ধীরে ধীরে জল ও অক্সিজেনে বিয়োজিত হয়। উত্তাপ দিলে, অমসৃণ তলসংস্পর্শে বা ধূলিকণা, প্লাটিনাম, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ইত্যাদির উপস্থিতিতে বিযোজনের গতি বাড়ে। $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$
লিটমাস দ্রবণ।	রং পরিবর্তিত করে না (প্রশম)।	মৃদু অ্যাসিডধর্মী। বিশুদ্ধ অথবা গাঢ় দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করে।
ধাতুর সহিত ক্রিয়া।	মার্কারীর গতিশীলতা ও ধাতব দ্যুতি নষ্ট করে।	কোন ক্রিয়া করে না।
	সামান্য উত্তপ্ত সিলভারকে কালো করে।	কোন বিক্রিয়া হয় না।
জারণ ধর্ম।	প্রবল জারণ ক্ষমতার অধিকারী। পটাসিয়াম আয়োডাইডের দ্রবণ হইতে আয়োডিন মুক্ত করে।	প্রবল জারণ ধর্মী। পটাসিয়াম আয়োডাইডকে আয়োডিনে জারিত করে।
বিজারণ ধর্ম।	কয়েকটি বিক্রিয়ায় বিজারক দ্রব্যের মত ব্যবহার করে। $H_2O_2 + O_3 = H_2O + 2O_2$ $BaO_2 + O_3 = BaO + 2O_2$	কয়েকটি বিক্রিয়ায় বিজারণ ধর্ম দেখায়। $Ag_2O + H_2O_2 = 2Ag + H_2O + O_2$
অ্যাসিড যুক্ত পটাসিয়াম পার-ম্যাঙ্গানেট দ্রবণ।	কোন বিক্রিয়া করে না।	লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেটের বেগুনী দ্রবণ বর্ণহীন করে।
$KI + FeSO_4$	আয়োডিন মুক্ত করে না।	আয়োডিন মুক্ত করে।
অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট দ্রবণ+ইথার।	ইথারের রঙ্ পরিবর্তিত হয় না।	ঈথার স্তরের রঙ গাঢ় নীল হয়।
টাইটেনিয়াম ডাই-অক্সাইড+লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড	রঙের পরিবর্তন হয় না।	কমলা ও হলুদ দ্রবণ।
ম্যাঙ্গানাস ক্লোরাইড দ্রবণে সিক্ত কাগজ।	বাদামী বর্ণ হয়।	বর্ণ অপরিবর্তিত থাকে।
বেঞ্জিডিন সিক্ত কাগজ।	বাদামী বর্ণ হয়।	বর্ণ অপরিবর্তিত থাকে।
বিরঞ্জন ধর্ম।	নীল (Indigo) প্রভৃতি উদ্ভিজ্জ রঙ জারণ ক্রিয়া দ্বারা বর্ণহীন করে।	সিল্ক, উল প্রভৃতি জারণ ক্রিয়া দ্বারা বর্ণহীন করে।
যুত-যৌগ গঠন।	অসংপৃক্ত জৈব যৌগের সহিত যুত যৌগ গঠন করে। $C_2H_4 + O_3 = C_2H_4O_3$	অজৈব ও জৈব পদার্থের সহিত যুত যৌগ গঠনের প্রবণতা দেখায়। KF, H_2O_2 CON_2H_4 (ইউরিয়া), H_2O_2

দ্বিতীয় অধ্যায়
বায়ু ও নাইট্রোজেন

[*Syllabus* : Air : Nitrogen]

বায়ুর উপাদান :

ল্যাভয়সিয়ারের প্রথম পরীক্ষা : 1775 খ্রীঃ ল্যাভয়সিয়ার পরীক্ষা দ্বারা বায়ুতে অন্ততঃ দুইটি ভিন্নধর্মী গ্যাসের অস্তিত্ব প্রমাণ করেন। তাঁহার পরীক্ষায় বায়ুতে এই দুই গ্যাসের আয়তন অনুপাতও স্থিরীকৃত হয়।

ল্যাভয়সিয়ার একটি কাচ-নির্মিত লম্বা-গলা রিটর্ট লইয়া উহার লম্বা গলাটি উপরের দিকে বাঁকাইয়া লইলেন। রিটর্টে প্রায় 4 আউন্স বিশুদ্ধ মার্কারী লইয়া উহার বাঁকানো গলাটি মার্কারীর পাত্রে এমন ভাবে রাখিলেন যাহাতে উহার বাঁকানো মুখটি পাত্রের মার্কারী তল ছাড়িয়া কিছুটা উপরে থাকে। অতঃপর তিনি একটি অংশাঙ্কিত বেলজার দ্বারা রিটর্টের মুখ ঢাকিয়া মার্কারীপাত্রে উপুড় করিয়া রাখিলেন। এই ব্যবস্থায় বেলজারের ভিতরের বায়ুর সহিত রিটর্টের অভ্যন্তরের বায়ুর সংযোগ থাকে। প্রথমে বেলজারের ভিতরের ও বাহিরের মার্কারী একই সমতলে রাখা ছিল।

চিত্র ২(২৫)—ল্যাভয়সিয়ারের প্রথম পরীক্ষা

চিত্র ২(২৬)—ল্যাভয়সিয়ারের দ্বিতীয় পরীক্ষা

তিনি রিটর্টটিকে একটি জ্বলন্ত চুল্লীর উপর বসাইয়া ক্রমাগত মার্কারীর স্ফুটনাঙ্কের কাছাকাছি উত্তপ্ত করিতে লাগিলেন। ইহাতে রিটর্টের মার্কারীর উপর লাল বর্ণের কঠিন পদার্থকণা ভাসিতে দেখা গেল। ক্রমশঃ রিটর্টের অবশিষ্ট মার্কারী আরও লাল রঙের কঠিন পদার্থে পরিণত হইতে লাগিল এবং বেলজারের মার্কারী উপরের দিকে উঠিতে লাগিল। অর্থাৎ বেলজারের ভিতরের বায়ুর পরিমাণ হ্রাস পাইল। এইভাবে ক্রমাগত কয়েক দিন উত্তপ্ত করার পর যখন দেখা গেল আর বেলজারের মার্কারীতল উপরে উঠিল না এবং রিটর্টে লাল বর্ণের পদার্থের পরিমাণও স্থির হইয়াছে তখন উত্তাপ বন্ধ করা হইল। যন্ত্রটি শীতল হওয়ার পর ল্যাভয়সিয়ার দেখিলেন আবদ্ধ বায়ুর আয়তনের প্রায় এক-পঞ্চমাংশ মার্কারী দ্বারা শোষিত হইয়াছে অর্থাৎ মার্কারী বেলজারের শূন্য স্থানের এক-পঞ্চমাংশ পর্যন্ত উঠিয়াছে। অবশিষ্ট চারি পঞ্চমাংশ অবিকৃত অবস্থায় রহিল।

এইবার তিনি অবশিষ্ট বায়ুতে একটি জ্বলন্ত কাঠি প্রবেশ করাইলেন। কাঠিটি তৎক্ষণাৎ নিভিয়া গেল। ঐ বায়ুর মধ্যে একটি ছোট ইঁদুর ছাড়িয়া দিয়া দেখিলেন ইঁদুরটি শ্বাসরুদ্ধ হইয়া মারা গেল।

ল্যাভয়সিয়ার বুঝিলেন এই অবশিষ্ট বায়ুতে আগুন জ্বলে না এবং ইহা প্রাণীর শ্বাসকার্যের সহায়ক নয়। তিনি প্রথমে এই অবশিষ্ট বায়ুর নামকরণ করেন অ্যাজোট বা নিষ্প্রাণ বায়ু। বায়ুতে আয়তন হিসাবে পাঁচ ভাগের চার ভাগই এই গ্যাস। পরে এই অ্যাজোট-ই নাইট্রোজেন নামে পরিচিত হয়। তাঁহার ধারণা হইল, বায়ুর এক পঞ্চমাংশ উত্তপ্ত মার্কারীর সহিত যুক্ত হইয়া লালবর্ণের পদার্থে পরিণত হইয়াছে।

ল্যাভয়সিয়ারের দ্বিতীয় পরীক্ষা : দ্বিতীয় পর্যায়ে ল্যাভয়সিয়ার প্রথম পরীক্ষার ঠিক বিপরীত পরীক্ষা করেন।

তিনি রিটর্টের লাল কঠিন পদার্থটি পৃথক করিয়া একটি বাঁকানো নির্গমনলযুক্ত শক্ত কাঁচের টিউবে লইলেন। নির্গম নলের প্রান্তটি মার্কারীপূর্ণ গ্যাসদ্রোণীর মধ্যে রাখিয়া উহার উপর একটি মার্কারীপূর্ণ গ্যাসজার উপুড় করিয়া রাখিলেন।

অতঃপর তিনি বাল্বটির লাল পদার্থ (লালসর) প্রথমে ধীরে ধীরে এবং পরে উচ্চতাপে উত্তপ্ত করিতে লাগিলেন। ফলে লাল পদার্থটি পুনরায় তরল, উজ্জ্বল মার্কারীতে রূপান্তরিত হইতে লাগিল এবং একটি বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাস নির্গত হইয়া মার্কারীর নিম্নাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে জমা হইতে লাগিল। তিনি দেখিলেন, গ্যাসজারে সঞ্চিত এই গ্যাসের আয়তন প্রথম পরীক্ষায় বেলজারে যে আয়তন হ্রাস পাইয়াছিল তাহার সমান। অর্থাৎ মার্কারীতে প্রথম পরীক্ষায় যতটুকু বায়ু শোষিত হইয়াছিল তাহার সম পরিমাণ ফেরৎ পাওয়া গেল। এই বায়ুর অংশে তিনি একটি শিখাহীন জ্বলন্ত শলাকা প্রবেশ করাইয়া দেখিলেন যে শলাকাটি দপ্ করিয়া উজ্জ্বলভাবে জ্বলিতে লাগিল এবং গ্যাসটি অদাহ্য রহিল। এই অংশে একটি ইঁদুর ছাড়িয়া দিলে ইঁদুরের শ্বাসকার্য চলিতে থাকে। তিনি বায়ুর এই অংশের নামকরণ করেন প্রাণবায়ু (vital air)। পরে তিনিই ইহার নাম পরিবর্তন করিয়া 'অক্সিজেন' রাখেন। ইহার আয়তন বায়ুর এক পঞ্চমাংশ। এইভাবে প্রাপ্ত অক্সিজেনের সহিত পূর্বের পরীক্ষায় বেলজারের অবশিষ্ট বায়ু অর্থাৎ নাইট্রোজেন মিশাইলে তাপের কোন তারতম্য হয় না এবং এই গ্যাসমিশ্রণের সহিত সাধারণ বায়ুর কোন প্রভেদ নাই।

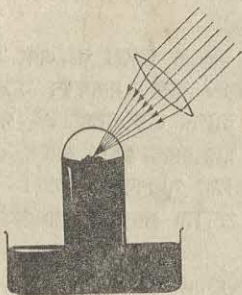
উপরের পরীক্ষা দুইটি হইতে ল্যাভয়সিয়ার প্রমাণ করিলেন—

(১) **বায়ু প্রধানতঃ দুইটি ভিন্নধর্মী গ্যাসের মিশ্রণ। ইহাদের একটি অক্সিজেন এবং অপরটি নাইট্রোজেন।** ইহাদের মধ্যে অক্সিজেন খুব সক্রিয়। ইহা অদাহ্য, কিন্তু পদার্থের দহনের এবং প্রাণীর শ্বাসকার্যের সহায়ক। নাইট্রোজেন অপেক্ষাকৃত নিষ্ক্রিয়। ইহা পদার্থের দহনের বা প্রাণীর শ্বাসকার্যের সহায়ক নহে।

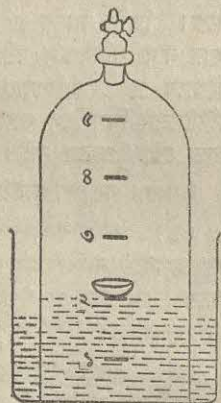
(২) **বায়ুতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন প্রায় 1 : 4 আয়তনিক অনুপাতে থাকে।**

ল্যাভসিয়ার কর্তৃক তাঁহার সুপরিচিত বেলজার পরীক্ষায় মার্কারী নির্বাচনের কারণ : 1772 খ্রীঃ বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার পদার্থের দহন সম্বন্ধে পরীক্ষা সুরু করেন। তিনি দেখিলেন কোন ধাতুকে বায়ুতে ভস্মীভূত করিলে যে অবশেষ থাকে তাহার ওজন গৃহীত ধাতু অপেক্ষা অধিক হয়। এই বর্ধিত ওজন সম্বন্ধে তাঁহার সুচিন্তিত ধারণা হইল যে বায়ুতে ধাতুর দহন কালে ধাতু বায়ু হইতে কিছু গ্রহণ করে।

1774 খ্রীস্টাব্দের মধ্য ভাগে বিজ্ঞানী প্রিস্টলী মার্কারীর উপর ভাসমান একটি ছোট বেসিনে কিছুটা মার্কারী ভস্ম (বায়ুতে মার্কারী দহন করিলে যে অবশেষ থাকে) রাখিয়া উহা একটি বেলজার দ্বারা ঢাকিয়া দেন এবং সূর্যরশ্মি একটি লেন্সের ভিতর দিয়া পাঠাইয়া অভিসরণ

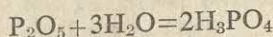
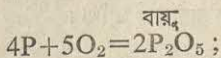
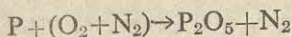
প্রক্রিয়ায় মার্কারী ভস্মের উপর ঘনীভূত করেন। [চিত্র ২(২৭)] এইভাবে সূর্য রশ্মি সাহায্যে উত্তপ্ত করিয়া তিনি মার্কারী ভস্ম হইতে একটি নূতন গ্যাসের সন্ধান পান। তিনি লক্ষ্য করিলেন এই গ্যাসে জ্বলন্ত মোমবাতি আরোও উজ্জ্বল ভাবে জ্বলে। ঐ বৎসরের শেষ ভাগে প্রিস্টলী এক সাক্ষাৎকারে ল্যাভয়সিয়ারকে এই আশ্চর্যজনক গ্যাস-আবিষ্কারের কথা এবং কিভাবে উহা পাইয়াছিলেন তাহা বর্ণনা করেন। ল্যাভয়সিয়ার তৎক্ষণাৎ প্রিস্টলীর আবিষ্কারের তাৎপর্য বুঝিতে পারেন। তাঁহার মনে হয় মার্কারী বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে উহা অপেক্ষা বেশী ওজনের যে মার্কারী ভস্ম পাওয়া যায় তাহা বায়ুর একটি অংশ মার্কারী দ্বারা শোষিত হওয়ার ফল-স্বরূপ গঠিত হয়। আবার ঐ মার্কারী ভস্মই উত্তাপ প্রয়োগে ঐ শোষিত গ্যাসকে ফিরাইয়া দেয়। এই ধারণা নিশ্চিত ভাবে প্রমাণ করিবার জন্যই ল্যাভয়সিয়ার বেলজার-পরীক্ষায় মার্কারীকে উপযুক্ত পদার্থ হিসাবে নির্বাচন করেন।

চিত্র ২(২৭)

ল্যাভয়সিয়ারের পরীক্ষা ছাড়াও আরও কয়েকটি পরীক্ষা দ্বারা বায়ুতে যে একভাগ অক্সিজেন ও চারিভাগ নাইট্রোজেন আছে তাহা প্রমাণ করা হইয়াছে।

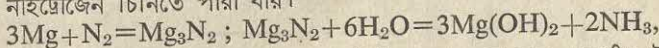
(ক) **বেলজারে ফসফরাসের দহন** : একটি বড় কাচপাত্রে অল্প পরিমাণ জল লওয়া হয়। একটি পোর্সেলিন মুচিতে খানিকটা সাদা ফসফরাস লইয়া উহা পাত্রের জলের উপর ভাসাইয়া একটি চাবিযুক্ত বেলজার দিয়া চাপা দেওয়া হয়। বেলজারের ভিতরে ও বাহিরের জলতল যেন একই থাকে। বেলজারের মধ্যস্থিত জলের অবস্থান হইতে বেল-জারের উপরের অবশিষ্ট অংশকে পাঁচটি সমান ভাগে ভাগ করিয়া দাগ কাটা হয়। বেলজারের অভ্যন্তরে বায়ু আবদ্ধ অবস্থায় থাকে। অতঃপর বেলজারের ছিপি খুলিয়া একটি জ্বলন্ত শলাকার সাহায্যে ফসফরাসে আগুন ধরাইয়া ছিপিটি বন্ধ করিয়া দিতে হয়। কিছুক্ষণের মধ্যেই দেখা যাইবে, ফসফরাস কিছুটা পুড়িয়া নিবিয়া গিয়াছে এবং বেলজারটি ঠাণ্ডা হওয়ার পর উহার একটি দাগ পর্যন্ত অর্থাৎ ইহার ভিতরের বায়ুর এক পঞ্চমাংশ পর্যন্ত জল উঠিয়াছে। বাকী চার অংশের বায়ুতে ফসফরাসের দহন হয় না বলিয়া উহা নিবিয়া যায়। অবশিষ্ট অংশের বায়ুতে জ্বলন্ত শলাকা প্রবেশ করাইলে ইহা নিবিয়া যায়। ইহাতে প্রমাণিত হয় যে অবশিষ্ট গ্যাস নাইট্রোজেন। এইভাবে বায়ু হইতে অক্সিজেন সরাইয়া নাইট্রোজেন যেমন পাওয়া যায়, তেমনি এই পরীক্ষা হইতে প্রমাণ করা যায় বায়ুতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন সাধারণ মিশ্রণ রূপে 1 : 4 আয়তন অনুপাতে আছে।

চিত্র ২(২৮)—বেলজারে ফসফরাসের দহন

ফসফরাস দহনকালে ফসফরাস বায়ুর অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া ফসফরাস পেণ্টোক্সাইড গঠন করে এবং ইহা জলের সহিত বিক্রিয়ায় দ্রাব্য ফসফোরিক অ্যাসিড দেয়। এইভাবে বায়ুর অক্সিজেন অপসারিত হয়।

$$P+(O_2+N_2)\rightarrow P_2O_5+N_2$$
বায়ু

$$4P+5O_2=2P_2O_5\ ; \qquad P_2O_5+3H_2O=2H_3PO_4$$

(খ) ক্ষারীয় পটাসিয়াম পাইরোগ্যালেট দ্রবণ দ্বারা অক্সিজেন শোষণ করিয়া : নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ু হইতে ক্ষারীয় পটাসিয়াম পাইরোগ্যালেট দ্রবণ দ্বারা অক্সিজেন শোষিত করিয়া বায়ুর নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের আয়তন নির্ণয় করা যায়।

ছয়টি সমান অংশে ভাগ করা এক মুখ বন্ধ একটি দীর্ঘ কাচনল লইয়া উহাতে পাইরোগ্যালল যৌগের জলীয় দ্রবণে এক অংশ পূর্ণ করা হয়। অতঃপর চিমটার সাহায্যে কষ্টিক পটাস ঐ দ্রবণে যোগ করিয়া সঙ্গে সঙ্গে নলের মুখ ছিপি দ্বারা বন্ধ করা হয় এবং দ্রবণ ভালভাবে ঝাঁকাইলে উহা গাঢ় বাদামী বর্ণে রূপান্তরিত হয়। এখন সাবধানে নলটিকে একটি জলপূর্ণ পাত্রে উপুড় করিয়া ছিপিটি খুলিলে দেখা যায় যে জল নলের কিছুটা পর্যন্ত উঠিয়াছে। জল ঢালিয়া নলের বাহিরের ও ভিতরের জল সমান করিলে দেখা যায় নলের আরও এক অংশ জল দ্বারা পূর্ণ হইয়াছে, অবশিষ্ট চারি অংশে জল উঠে নাই। অবশিষ্ট অংশে জ্বলন্ত কাঠি প্রবেশ করাইলে সঙ্গে সঙ্গে উহা নিবিয়া যায়। এই অংশের গ্যাসে জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম প্রবেশ করাইলে একটি সাদা গুঁড়া সৃষ্টি হয় যাহা জলের সহিত ফুটাইলে অ্যামোনিয়া দেয়। অতএব ইহা নিঃসন্দেহে প্রমাণিত হয় যে অবশিষ্ট অংশে আছে অক্সিজেন-মুক্ত নাইট্রোজেন গ্যাস। উত্তপ্ত ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রোজেনের সহিত বিক্রিয়ায় যে সাদা গুঁড়া তৈয়ারী করে উহা ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইডের। ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড জলের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া দেয়। এই বিক্রিয়ায় নাইট্রোজেন চিনিতে পারা যায়।

$$3Mg+N_2=Mg_3N_2\ ;\ Mg_3N_2+6H_2O=3Mg(OH)_2+2NH_3,$$

উপরোক্ত পরীক্ষায় বায়ু হইতে যেমন নাইট্রোজেন পাওয়া যায়, তেমনি উহা প্রমাণ করে যে আয়তন হিসাবে বায়ুর চার ভাগ নাইট্রোজেন ও একভাগ অক্সিজেন।

বায়ুর অন্যান্য গ্যাসীয় উপাদান : বায়ু প্রধানতঃ নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণ। ইহা ছাড়া বায়ুতে সামান্য পরিমাণে জলীয় বাষ্প, কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং হিলিয়াম, নিওন, আর্গন ক্রিপ্টন, জেনন প্রভৃতি কতকগুলি নিষ্ক্রিয় মৌলিক গ্যাস আছে। নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলি পরিমাণে খুবই অল্প এবং কোনরূপ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে না বলিয়া বায়ু হইতে ইহাদের পৃথকীকরণ দুঃসাধ্য ব্যাপার।

বায়ুর উপাদানের মোটামুটি শতকরা আয়তনিক অনুপাত :—

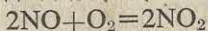
নাইট্রোজেন	77·16 ভাগ
অক্সিজেন	20·60 ভাগ
জলীয় বাষ্প	1·40 ভাগ
কার্বন ডাই-অক্সাইড	0·04 ভাগ
নিষ্ক্রিয় গ্যাস	0·80 ভাগ

যেহেতু বায়ু একটি মিশ্রণ, উহার উপাদানের অনুপাত সর্বসময়ে সর্বস্থানে এক থাকে না। স্থান, কাল ভেদে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্পের পরিমাণে সামান্য ব্যতিক্রম দেখা যায়। এইসব ছাড়াও বায়ুতে সামান্য ওজোন (সমুদ্রতীরবর্তী স্থানে), সূক্ষ্ম ধূলিকণা, নাইট্রাস ও নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প, অ্যামোনিয়া, সালফার ডাই-অক্সাইড, হাইড্রোজেন সালফাইড (শিল্পাঞ্চলের নিকটবর্তী স্থানে) ইত্যাদি বিদ্যমান দেখা যায়।

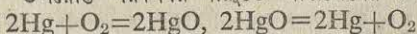
বায়ুর বিভিন্ন উপাদানের অস্তিত্বের প্রমাণ—উহাদের প্রয়োজনীয়তা ও সমতা :

অক্সিজেন : (ক) বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইডপূর্ণ একটি গ্যাসজারের ঢাকনি বায়ুতে

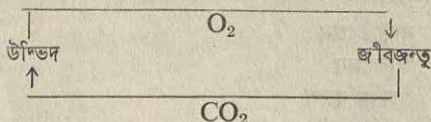
খুলিয়া দিলে তৎক্ষণাৎ লাল বাদামী বর্ণের গ্যাস উৎপন্ন হয়। বায়ুর **অক্সিজেন ও নাইট্রিক** অক্সাইডের রাসায়নিক মিলনেই এই লাল বাদামী বর্ণের গ্যাসের সৃষ্টি।

$$2NO+O_2=2NO_2$$

(খ) একটি শক্ত কাচের টেস্টটিউবে কিছুটা মার্কারী লইয়া উত্তপ্ত করিলে মার্কারী লালবর্ণের একটি কঠিন পদার্থে রূপান্তরিত হয়।

পক্ষান্তরে **এই লাল** পদার্থ উত্তাপ প্রয়োগে পুনরায় একটি বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাস উৎপন্ন করে। এই উৎপন্ন গ্যাসে শিখাহীন জ্বলন্ত কাঠি প্রবেশ করাইলে উহা দপ্ করিয়া জ্বলিয়া উঠে। ইহাতে প্রমাণিত হয় যে এই গ্যাসটি অক্সিজেন। প্রথমে মার্কারী বায়ুর অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়ায় লাল মারকিউরিক অক্সাইড গঠন করে। এই মারকিউরিক অক্সাইড পরে তাপে বিশ্লিষ্ট হইয়া আবার অক্সিজেন দেয় এবং মার্কারী তরলাকারে পড়িয়া থাকে। উপরোক্ত পরীক্ষায় বায়ুতে অক্সিজেনের উপস্থিতি প্রমাণিত হয়।

$$2Hg+O_2=2HgO,\ 2HgO=2Hg+O_2$$

প্রয়োজনীয়তা : বায়ুতে উপস্থিত অক্সিজেনের সাহায্যে প্রাণী মাত্রেই শ্বাসকার্য করে। ইহার ফলেই দেহের অভ্যন্তরে খাদ্যদ্রব্যের মৃদু দহন হয় এবং প্রাণীর দেহের পুষ্টি ও তাপমাত্রা বজায় থাকে।

পদার্থের দহন ও জারণ ক্রিয়া অক্সিজেন দ্বারাই সম্পন্ন হয়।

সমতা : মানুষ, অন্যান্য জীবজন্তু এবং উদ্ভিদ্ শ্বাসগ্রহণকালে বায়ুর অক্সিজেন গ্রহণ করে এবং নিঃশ্বাসের সহিত কার্বন ডাই-অক্সাইড ত্যাগ করে। ইহা ছাড়াও প্রকৃতিতে জৈব ও অন্যান্য পদার্থ দহন কালে বায়ুর অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড ও নানাবিধ অক্সিজেন যৌগ গঠিত হইতেছে। এই সকল প্রক্রিয়ায় নিয়তই বায়ুমণ্ডলের অক্সিজেন ব্যয়িত হইতেছে। ফলে বাতাসে অক্সিজেনের পরিমাণ ক্রমাগত কমিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ অনেক বাড়িয়া যাওয়া উচিত। এমনকি এইভাবে দীর্ঘদিন চলিলে বায়ুতে অক্সিজেন নিঃশেষ হওয়ার কথা, কিন্তু প্রকৃতপক্ষে বায়ুতে অক্সিজেনের পরিমাণ মোটামুটি অপরিবর্তিত থাকে। কারণ, বায়ু হইতে অক্সিজেন যে অনুপাতে ব্যয়িত হয়, প্রায় সেই অনুপাতে সালোক সংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় উদ্ভিদ্‌জগৎ কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্রহণ করিয়া উহাকে বিশ্লিষ্ট করে এবং বায়ুতে অক্সিজেন ফিরাইয়া দেয়। প্রকৃতিতে এই প্রক্রিয়াগুলি এমনভাবে সংঘটিত হয় যাহাতে অক্সিজেনের ব্যয় এবং পুনঃ-সঞ্চার একই অনুপাতে হয়।

নাইট্রোজেন : ল্যাভয়সিয়ারের পরীক্ষা, বেলজারে ফসফরাসের দহন এবং ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্রবণের সাহায্যে বায়ুর অক্সিজেন সরাইয়া যে অবশিষ্ট গ্যাস থাকে তাহা নাইট্রোজেন। এই গ্যাসের কোন দহন ক্ষমতা নাই। ইহাতে জ্বলন্ত শলাকা প্রবেশ করাইলে শলাকাটি নিভিয়া যায়। উত্তপ্ত ম্যাগনেসিয়াম এই গ্যাসকে শোষণ করে। এই সকল পরীক্ষায় প্রমাণিত হয় যে বায়ুতে নাইট্রোজেন আছে।

উপকারিতা : বায়ুর নাইট্রোজেনের প্রধান কাজ অক্সিজেনের লঘুকরণ। নাইট্রোজেন উপস্থিত না থাকিলে দহন ও জারণ প্রভৃতি ক্রিয়া অতীব তীব্র হইত। বায়ুর নাইট্রোজেন অক্সিজেনের সক্রিয়তা হ্রাস করিয়া জারণ, দহন ও প্রাণিজগতের শ্বাসকার্য নিয়ন্ত্রিত করে।

বায়ুর নাইট্রোজেন হইতেই উদ্ভিদ ও প্রাণিদেহের পক্ষে অপরিহার্য প্রোটীন জাতীয় খাদ্য পরোক্ষভাবে প্রস্তুত হয়।

সমতা : বায়ুতে নাইট্রোজেনের আয়তনিক অনুপাতও প্রায় স্থির আছে। এই বিষয়ে এই অধ্যায়ের শেষাংশে 'নাইট্রোজেনের প্রাকৃতিক চক্র' আলোচনা কালে বিস্তারিত বলা হইয়াছে।

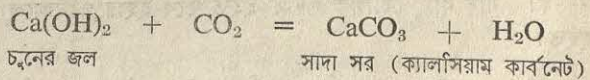
জলীয় বাষ্প : (ক) বাহিরের দিক সম্পূর্ণ শুষ্ক একটি কাচের বীকারে কিছুটা বরফ লইয়া বায়ুতে রাখা হইল। কিছুক্ষণ পরে দেখা যাইবে যে বীকারের বাহিরের গায়ে বিন্দু বিন্দু তরল জমিয়াছে। এই তরল জল ছাড়া কিছুই নহে; কারণ ইহা অনার্দ্র সাদা কপার সালফেটকে নীলবর্ণে রূপান্তরিত করে। বায়ুর জলীয় বাষ্পই বীকারের শীতলতার সংস্পর্শে আসিয়া ঘনীভূত হইয়া বীকারের গায়ে জলবিন্দু সৃষ্টি করে।

(খ) একটি ওয়াচ-গ্লাসে (watch-glass) অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড রাখিয়া মুক্ত বায়ুতে রাখিলে অনতিকাল মধ্যেই ইহা বায়ুর জলীয় বাষ্প শোষণ করিয়া প্রথমে ভিজিয়া উঠে এবং পরে শোষিত জলে দ্রবীভূত হইয়া তরলে পরিণত হয়। বায়ুতে জলীয় বাষ্প থাকার ফলেই এইরূপ সম্ভব হয়।

উপকারিতা : বায়ুর জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হইয়া তুষার ও বৃষ্টিরূপে ভূ-পৃষ্ঠে আসে। এই বৃষ্টি কৃষিকার্য ও শস্যাদি জন্মাইবার কাজে অপরিহার্য। বায়ুতে জলীয় বাষ্প আছে বলিয়াই পৃথিবীর জলাশয়গুলি হইতে বাষ্পীভবন দ্রুত না হইয়া মন্থর-গতিতে হয়।

সমতা : পৃথিবীপৃষ্ঠের প্রায় তিন ভাগই জল। ভূ-পৃষ্ঠের এই জলই সূর্যকিরণে বাষ্পীভূত হইয়া বায়ুতে জলীয় বাষ্পের সৃষ্টি করে। আবার এই জলীয় বাষ্পই বায়ু-মণ্ডলের উচ্চতার শীতলতায় ঘনীভূত হইয়া বৃষ্টিরূপে ভূ-পৃষ্ঠে নামিয়া আসে। প্রকৃতির স্বাভাবিক নিয়মে এই প্রক্রিয়াগুলি এমনভাবে হয় যাহাতে ভূ-পৃষ্ঠের জলাশয় সম্পূর্ণ শুকাইয়া যায় না বা বায়ুতে জলীয় বাষ্পের পরিমাণও নির্দিষ্ট সীমার খুব বেশী উপরে হয় না।

কার্বন ডাই-অক্সাইড : একটি কাচের ডিসে খানিকটা স্বচ্ছ চুনের জল লইয়া কিছুক্ষণ বাতাসে খোলা অবস্থায় রাখিয়া দিলে স্বচ্ছ চুনজলের উপর একটি সাদা সর পড়ে এবং চুনজল ক্রমে ঘোলাটে হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইডের একটি বিশিষ্ট ধর্ম হইল, উহা চুনজলের সহিত বিক্রিয়ায় অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট গঠন করিয়া উহাকে ঘোলাটে করে।

$$\underset{\text{চুনের জল}}{Ca(OH)_2} + CO_2 = \underset{\text{সাদা সর (ক্যালসিয়াম কার্বনেট)}}{CaCO_3} + H_2O$$

এই পরীক্ষায় চুনজলের সহিত বায়ুতে অবস্থিত কার্বন ডাই-অক্সাইডের বিক্রিয়ার ফল স্বরূপই সাদা সর সৃষ্টি হইয়াছে।

উপকারিতা : উদ্ভিদজগতের পুষ্টির অপরিহার্য উপাদান কার্বন ডাই-অক্সাইড। উদ্ভিদ বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইড হইতেই নিজের খাদ্য গ্রহণ করে।

সমতা : চতুর্থ অধ্যায়ে 'কার্বন ডাই-অক্সাইডের প্রাকৃতিক বিবর্তন চক্র' আলোচনা কালে বায়ুতে কার্বন ডাই-অক্সাইডের মোটামুটি স্থির পরিমাণ সম্বন্ধে বিস্তারিত বলা হইয়াছে।

বায়ু একটি মিশ্র পদার্থ, যৌগিক পদার্থ নয় (Air is a mechanical mixture, not a chemical compound) : বিভিন্ন তথ্যের পর্যালোচনা করিলে দেখা যায় যে, বায়ু প্রধানতঃ অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের সাধারণ মিশ্রণ মাত্র। বায়ু উহাদের কোন যৌগ নহে।

(১) বায়ুতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের ওজনের অনুপাত মোটামুটি স্থির হইলেও বিভিন্ন স্থান ও সময়ের বায়ু পরীক্ষা করিলে **অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের ওজনের অনুপাতে সামান্য পার্থক্য লক্ষ্য করা যায়।** বায়ু যদি অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের যৌগ হইত, তাহা হইলে কোন অবস্থাতেই উহাদের ওজনের অনুপাতে সামান্যতম ব্যতিক্রম হইত না। যৌগিক পদার্থে উপাদানগুলির ওজনের অনুপাত একান্তভাবে সুনির্দিষ্ট।

(২) বায়ুতে আয়তন হিসাবে মোটামুটি 4 ভাগ নাইট্রোজেন ও 1 ভাগ অক্সিজেন বিদ্যমান। বায়ুকে মিশ্র পদার্থ ধরিয়া হিসাব করিলে উহার ঘনত্ব 14·4 হয়।

যদি বায়ু যৌগ হইত তাহা হইলে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের তৌলিক শতকরা অনুপাত হইতে উহার সংকেত হইত N_4O এবং সেই অনুযায়ী উহার বাষ্পীয় ঘনত্ব হইত 36। বায়ুর ঘনত্ব 14·4। অতএব বায়ু একটি মিশ্রণ মাত্র।

(৩) সাধারণভাবে বায়ুতে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের আয়তন অনুপাত 4 : 1, কিন্তু বায়ুর জলীয় দ্রবণে অধিক পরিমাণ অক্সিজেন দেখা যায়। দ্রবীভূত বায়ুতে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের আয়তন অনুপাত মোটামুটি 2 : 1; বায়ু যৌগিক পদার্থ হইলে এরূপ হওয়া আদৌ সম্ভব হইত না।

(৪) বায়ুর মধ্যে উহার উপাদান অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের নিজ নিজ ধর্ম সম্পূর্ণভাবে বজায় থাকে, কেবলমাত্র নিষ্ক্রিয় নাইট্রোজেনের জন্য অক্সিজেনের ধর্মের তীব্রতা কিছুটা হ্রাস পায়।

বায়ু যদি যৌগ হইত, তাহা হইলে উহার উপাদানগুলির নিজস্ব ধর্ম বিলুপ্ত হইয়া সম্পূর্ণ নূতন ধর্ম প্রকাশ পাইত।

(৫) যে আয়তনিক অনুপাতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন বায়ুতে আছে, সেই অনুপাতে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন মিশাইলে কোন তাপ উদ্ভূত বা শোষিত হয় না এবং মিলিত গ্যাসীয় পদার্থটি সাধারণ বায়ুর গুণসম্পন্ন হয়। বায়ু মিশ্র পদার্থ বলিয়া ইহা সম্ভব। যদি বায়ু যৌগিক পদার্থ হইত তবে ইহার গঠনকালে তাপের পরিবর্তন অবশ্যই হইত।

(৬) বায়ু সাধারণ মিশ্রণ বলিয়া উহার উপাদান অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন সহজ ভৌত উপায়ে পৃথক করা যায়। যেমন—

(অ) তরল বায়ুকে বাষ্পীভূত করিলে প্রথমে নাইট্রোজেন বাষ্পীভূত হয় এবং পরে বাষ্পায়িত হয় অক্সিজেন। এইভাবে আংশিক পাতন প্রক্রিয়ায় নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন পৃথক করা যায়।

বায়ু যৌগ হইলে তরল বায়ু নির্দিষ্ট তাপাঙ্কে পাতিত হইয়া পাতিত দ্রব্যরূপে উহাকে পাওয়া যাইত, উহার উপাদান পৃথক হইত না।

(আ) বায়ুকে একটি সচ্ছিদ্র পোর্সেলিনের নলের ভিতর ব্যাপিত (diffuse) করিলে অক্সিজেন অপেক্ষা নাইট্রোজেন তাড়াতাড়ি বাহির হইয়া আসে। এইভাবে নির্গত গ্যাসে নাইট্রোজেনের অনুপাত বায়ুতে উহা যে অনুপাতে থাকে, তার চেয়ে বেশী। আবার নলের অভ্যন্তরে অক্সিজেনের পরিমাণের অনুপাত, সাধারণ বায়ুতে উপস্থিত অক্সিজেনের অনুপাত অপেক্ষা বেশী থাকে।

বায়ু যৌগ হইলে ব্যাপনকালে উহার উপাদানের অনুপাতে কোন তারতম্য হইতে পারিত না।

নাইট্রোজেন

(চিহ্ন N, আণবিক সঙ্কেত N_2, পারমাণবিক গুরুত্ব 14·08)

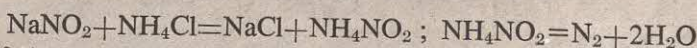
1772 খ্রীঃ ডেনিয়েল রাদারফোর্ড কর্তৃক এই গ্যাস আবিষ্কৃত হয়। ইহার মৌলিকত্ব প্রমাণ করেন বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার। তিনি ইহার নামকরণ করেন 'অ্যাজোট' (অ্যাজোট অর্থে প্রাণ ধারণের অনুপযোগী)। 1790 খ্রীঃ বিজ্ঞানী চাপটাল 'নাইটারে' (Nitre) ইহার অবস্থিতির জন্য ইহার নাম রাখেন নাইট্রোজেন।

মুক্ত অবস্থায় বায়ুতে নাইট্রোজেন আছে ইহার প্রায় $\frac{4}{5}$ অংশ। যুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে প্রচুর নাইট্রোজেন আছে। প্রাণী ও উদ্ভিদ দেহের প্রোটীন জটিল নাইট্রোজেন যৌগ। এতদ্ভিন্ন অ্যামোনিয়া রূপে, মাটিতে পটাসিয়াম নাইট্রেট (KNO_3) বা সোরারূপে, চিলিতে নাইটার রূপে ($NaNO_3$), বহুস্থানে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডরূপে বহুল পরিমাণে নাইট্রোজেন পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি : নাইট্রোজেন ঘটিত যৌগ হইতে অথবা বায়ু হইতে অক্সিজেন অপসারণ দ্বারা নাইট্রোজেন প্রস্তুত করা হয়।

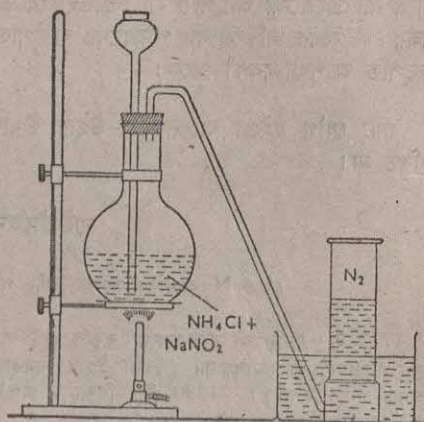
১। (ক) **অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইটের বিযোজন দ্বারা :**

ল্যাবরেটরী পদ্ধতি : ল্যাবরেটরীতে অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইটের গাঢ় দ্রবণ উত্তপ্ত করিয়া নাইট্রোজেন প্রস্তুত করা হয়। তবে শুধুমাত্র অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইটের তাপ বিযোজন ঘটাইলে বিস্ফোরণের সম্ভাবনা থাকে। সেইজন্য বিক্রিয়ার গতি মৃদু করার জন্য সোডিয়াম নাইট্রাইট ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের গাঢ় জলীয় দ্রবণের মিশ্রণকে সাবধানে উত্তপ্ত করা হয়। প্রথমে দুইটি লবণের বিপরিবর্ত বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট গঠিত হয় যাহা তাপ প্রয়োগে নাইট্রোজেন ও জলে বিয়োজিত হয়।

$$NaNO_2 + NH_4Cl = NaCl + NH_4NO_2 \; ; \; NH_4NO_2 = N_2 + 2H_2O$$

দীর্ঘনাল ফানেল ও বাঁকানো নির্গমনলযুক্ত একটি গোলতল ফ্লাস্কে সমপরিমাণ সোডিয়াম নাইট্রাইট ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের গাঢ় জলীয় দ্রবণ লওয়া হয়। দীর্ঘনাল ফানেলের শেষ প্রান্তটি দ্রবণে নিমজ্জিত রাখিতে হয়। নির্গম নলের বহিঃপ্রান্তটি একটি গ্যাসদ্রোণীর জলে ডুবানো থাকে। ফ্লাস্কের মিশ্রণ অতঃপর সামান্য উত্তপ্ত করিলেই

নাইট্রোজেন উৎপন্ন হইয়া নির্গমনল দ্বারা বাহিরে আসে। বুদ্‌বুদ্‌ আকারে সামান্য গ্যাস বাহির হইয়া যাওয়ার পর একটি জলপূর্ণ গ্যাসজার ঐ নির্গমনলের মুখে উপুড় করিয়া রাখা হয়। নাইট্রোজেন গ্যাস জলের নিম্নাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সঞ্চিত হয়।

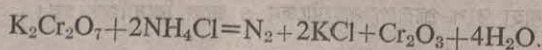
বিক্রিয়া দ্রুত হইতে থাকিলে প্রয়োজন বোধে ফ্লাস্কটি শীতল করা হয়, আবার গ্যাস বাহির হওয়া বন্ধ হইয়া গেলে ফ্লাস্কে একটু উত্তাপ দিতে হয়।

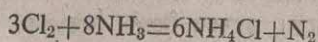
বিশুদ্ধিকরণ : এইভাবে প্রাপ্ত নাইট্রোজেন গ্যাসে অল্প পরিমাণ নাইট্রোজেনের অন্যান্য অক্সাইড, ক্লোরিন, অ্যামোনিয়া ও জলীয় বাষ্প অশুদ্ধি হিসাবে থাকে। এই গ্যাসকে প্রথমে কষ্টিক পটাস দ্রবণের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া ক্লোরিন অপসারণ করা হয়। পরে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া চালনা করিয়া অ্যামোনিয়া ও জলীয় বাষ্প মুক্ত করা হয়।

চিত্র ২(২৯)—ল্যাবরেটরীতে নাইট্রোজেন প্রস্তুতি

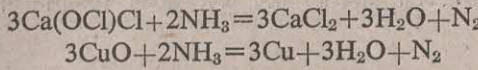
এই গ্যাসকে উত্তপ্ত কপার কুচির উপর দিয়া পাঠাইলে নাইট্রোজেনের অক্সাইড কপার দ্বারা নাইট্রোজেনে পরিণত হয়। বিশুদ্ধ ও শুষ্ক গ্যাসকে মার্কারীর অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়। $2NO+2Cu=2CuO+N_2$

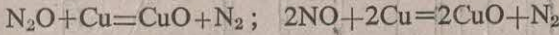
সাবধানতা : ফ্লাস্কটি খুব সাবধানে উত্তপ্ত করা অবশ্য কর্তব্য। সরাসরি উত্তপ্ত না করিয়া জলগাহের উপর বসাইয়া উত্তপ্ত করা ভাল। অধিক উত্তাপ প্রয়োগে বিস্ফোরণের সম্ভাবনা থাকে। গ্যাস নির্গমন সুরু হইলেই তাপ প্রদান বন্ধ করা দরকার। বিক্রিয়ার গতি দ্রুত হইলে ফ্লাস্কটিকে ঠাণ্ডা করিতে হয়।

(খ) অ্যামোনিয়াম ডাই-ক্রোমেট লবণ উত্তাপ প্রয়োগে বিযোজিত হইয়া নাইট্রোজেন দেয়, তবে এই বিক্রিয়া-কালে বিস্ফোরণের আশঙ্কা এত বেশী যে, ইহা নাইট্রোজেন প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয় না। $(NH_4)_2Cr_2O_7=N_2+Cr_2O_3+4H_2O$.
তবে বিক্রিয়াকে অপেক্ষাকৃত মৃদু করার জন্য পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের ঘন দ্রবণের মিশ্রণকে উত্তপ্ত করা যাইতে পারে।

$$K_2Cr_2O_7+2NH_4Cl=N_2+2KCl+Cr_2O_3+4H_2O.$$

(গ) **অ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রোজেন :** গাঢ় অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণে ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করিলে অ্যামোনিয়া নাইট্রোজেনে জারিত হয়। এই পদ্ধতিতে ব্যবহৃত অ্যামোনিয়ার পরিমাণ যেন বেশী থাকে।

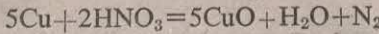
$$3Cl_2+8NH_3=6NH_4Cl+N_2$$

ব্লীচিং পাউডার [Ca(OCl)Cl] এবং উত্তপ্ত কপার অক্সাইড্ অ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রোজেন দেয়।

$$3Ca(OCl)Cl + 2NH_3 = 3CaCl_2 + 3H_2O + N_2$$
$$3CuO + 2NH_3 = 3Cu + 3H_2O + N_2$$

(ঘ) **নাইট্রোজেন অক্সাইড হইতে :** নাইট্রাস অক্সাইড (N_2O), নাইট্রিক অক্সাইড (NO) প্রভৃতি নাইট্রোজেনের অক্সাইড উত্তপ্ত কপার চূর্ণের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে নাইট্রোজেনে পরিণত হয়।

$$N_2O + Cu = CuO + N_2 ; \quad 2NO + 2Cu = 2CuO + N_2$$

(ঙ) উপযুক্ত পরিমাণ নাইট্রিক অক্সাইড ও অ্যামোনিয়ার গ্যাস-মিশ্রণকে উত্তপ্ত কপার চূর্ণের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন প্রস্তুত করা হয়।

$$4NH_3 + 6NO = 5N_2 + 6H_2O.$$

এই গ্যাস গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে প্রবাহিত করিয়া জলীয় বাষ্প মুক্ত করার পর মার্কারীর অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়। নাইট্রিক অ্যাসিডের বাষ্প তীব্রভাবে উত্তপ্ত কপারের উপর চালনা করিয়াও নাইট্রোজেন পাওয়া যায়।

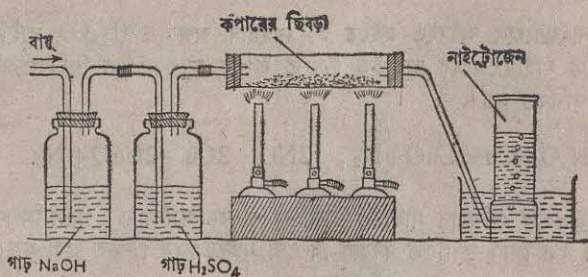
$$5Cu + 2HNO_3 = 5CuO + H_2O + N_2$$

২। (ক) **বায়ু হইতে নাইট্রোজেন প্রস্তুতি :**

বায়ুতে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন সাধারণ মিশ্রণ হিসাবে 4 : 1 আয়তন অনুপাতে আছে। বায়ু হইতে প্রধানতঃ অক্সিজেন অপসারিত করিয়া নাইট্রোজেন প্রস্তুত করা যায়। বিভিন্ন প্রক্রিয়ায় এই অক্সিজেন অপসারণ হইতে পারে।

(অ) **বায়ুতে ফসফরাসের দহন দ্বারা অক্সিজেন অপসারণ :**

(আ) **ক্ষারীয় পটাসিয়াম পাইরোগ্যালেট দ্রবণ দ্বারা অক্সিজেন শোষণ :**
উক্ত দুইটি পদ্ধতিই বায়ুর উপাদান ও আয়তন নির্ণয়ের সময় বর্ণনা করা হইয়াছে। তবে এই সকল উপায়ে বায়ুর সমস্ত অক্সিজেন দূর করা যায় না।

(ই) **উত্তপ্ত কপার দ্বারা বায়ু হইতে অক্সিজেন দূরীকরণ :** একটি শক্ত কাচনলে কপারের ছিব্‌ড়া লইয়া উহা একটি দাহচুল্লীতে স্থাপন করা হয়। কাচনলের একদিকে কর্কের মাধ্যমে বায়ু প্রবেশের জন্য একটি নল লাগানো থাকে। ইহার অপর প্রান্তে একটি বাঁকানো নির্গমনল যুক্ত আছে। নির্গমনলের শেষ প্রান্ত জলের তলায় ডুবানো থাকে। অতঃপর কাচনলকে দাহচুল্লীতে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয়বাষ্পমুক্ত বায়ু ধীরে ধীরে উত্তপ্ত কপারের উপর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। বায়ুকে পর্যায়ক্রমে কষ্টিক সোডার গাঢ় দ্রবণের এবং ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে উহার কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প শোষিত হইয়া

বিশুদ্ধ ও শুষ্ক বায়ু পাওয়া যায়। উত্তপ্ত কপার বায়ুর অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়ায় কালো কিউপ্রিক অক্সাইড গঠন করে, যাহা কাচনলেই থাকিয়া যায়, এবং অপরিবর্তিত নাইট্রোজেন নির্গমনল দিয়া বাহিরে আসে এবং জলের নিম্নাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগৃহীত হয়।

চিত্র ২(৩০)—বায়ু হইতে নাইট্রোজেন প্রস্তুতি

(খ) **তরল বায়ু হইতে নাইট্রোজেন প্রস্তুতি :** অতিরিক্ত পরিমাণ নাইট্রোজেন অর্থাৎ শিল্প-প্রয়োজনে নাইট্রোজেন প্রস্তুতিতে বায়ুকে তরলীভূত করিয়া তরল বায়ুর আংশিক পাতন দ্বারা নাইট্রোজেনকে অক্সিজেন হইতে পৃথক করা হয়। বায়ু হইতে অক্সিজেন প্রস্তুতি বর্ণনার কালে এই প্রক্রিয়ার আলোচনা করা হইয়াছে।

বায়ু হইতে সংগৃহীত নাইট্রোজেন এবং কোন নাইট্রোজেন ঘটিত যৌগিক পদার্থ হইতে প্রাপ্ত নাইট্রোজেনের ওজনে সামান্য পার্থক্য দৃষ্ট হয়। পরীক্ষায় দেখা গিয়াছে—বায়ু হইতে প্রাপ্ত নাইট্রোজেনের ঘনত্ব$=1{\cdot}2572$। আবার, নাইট্রোজেন যৌগ হইতে প্রাপ্ত নাইট্রোজেনের ঘনত্ব $=1{\cdot}2506$। বায়ুতে নাইট্রোজেন, অক্সিজেন, কার্বন ডাই-অক্সাইড, জলীয় বাষ্প ছাড়াও হিলিয়াম আর্গন, নিওন, ক্রিপটন, জেনন নামে কতকগুলি নিষ্ক্রিয় গ্যাস অতি অল্প পরিমাণে থাকে (শতকরা আয়তন অনুপাতে $0{\cdot}8$ ভাগ)। বায়ু হইতে প্রাপ্ত নাইট্রোজেন হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড, জলীয় বাষ্প ইত্যাদি সহজে অপসারণ করা গেলেও উক্ত নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলি ইহাতে মিশ্রিত থাকিয়া যায়। রাসায়নিক নিষ্ক্রিয়তার জন্য ইহারা অন্য পদার্থের সহিত যুক্ত হইতে চায় না। অধিকন্তু একমাত্র হিলিয়াম ব্যতীত প্রত্যেকটিই বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন অপেক্ষা সামান্য ভারী। সামান্য পরিমাণ নিষ্ক্রিয় গ্যাসের উপস্থিতির জন্যই বায়ুর নাইট্রোজেন, নাইট্রোজেন যৌগ হইতে উদ্ভূত নাইট্রোজেন অপেক্ষা কিঞ্চিৎ ভারী হয়।

ধর্ম : ভৌত : (১) নাইট্রোজেন একটি বর্ণহীন, গন্ধহীন, স্বাদহীন গ্যাস। (২) ইহা বায়ু হইতে সামান্য হাল্‌কা (বাষ্পীয় ঘনত্ব$=14$, $H=1$)। (৩) গ্যাসীয় নাইট্রোজেন দ্বি-পরমাণুক। (৪) জলে ইহার দ্রাব্যতা খুবই কম। (৫) উপযুক্ত চাপে শীতল করিয়া গ্যাসীয় নাইট্রোজেনকে প্রথমে তরল ও পরে কঠিন পদার্থে পরিণত করা যায় (তরল নাইট্রোজেনের স্ফুটনাঙ্ক $-195{\cdot}8°C$ এবং কঠিন নাইট্রোজেনের গলনাঙ্ক $-209{\cdot}86°C$। (৬) নাইট্রোজেন বিষাক্ত নয় সত্য, কিন্তু ইহা শ্বাস-প্রশ্বাসের সহায়ক নয় বলিয়া প্রাণী ইহাতে বাঁচিতে পারে না।

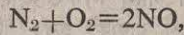
রাসায়নিক : সাধারণভাবে নাইট্রোজেন একটি নিষ্ক্রিয় গ্যাস। সাধারণ তাপমাত্রায় ইহা কোন মৌল বা যৌগের সহিত সচরাচর ক্রিয়া করে না। কিন্তু উচ্চ তাপমাত্রায় ইহার সক্রিয়তা বাড়ে।

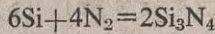
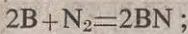
(১) নাইট্রোজেন দাহ্য নহে এবং সাধারণভাবে দহনের সহায়ক নহে।

(২) উপযুক্ত অবস্থায় এবং উচ্চ তাপমাত্রায় অনেক অধাতব মৌল নাইট্রোজেনের সহিত ক্রিয়া করে।

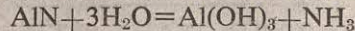
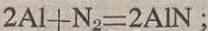
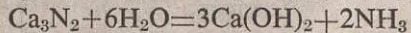
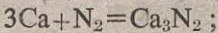
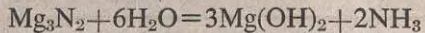
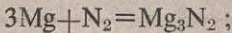
(অ) অতিরিক্ত বায়ুচাপে (200 অ্যাটমস্ফিয়ার) এবং প্রায় 550° তাপমাত্রায় লৌহচূর্ণ অনুঘটকের উপস্থিতিতে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের রাসায়নিক মিলনে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। $N_2+3H_2=2NH_3$.

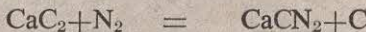
(আ) তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গের সাহায্যে প্রায় 3000°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের সরাসরি সংযোগে নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$N_2+O_2=2NO,$$

(ই) তীব্র উত্তপ্ত অবস্থায় বোরন, সিলিকন প্রভৃতি অধাতু নাইট্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া নাইট্রাইড (নাইট্রোজেন ও অন্য অধাতু বা ধাতুর দ্বিযৌগিক পদার্থ) উৎপন্ন করে।

$$2B+N_2=2BN\ ; \qquad 6Si+4N_2=2Si_3N_4$$

বোরন নাইট্রাইড — সিলিকন নাইট্রাইড

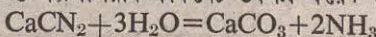
(৩) লোহিততপ্ত ম্যাগনেসিয়াম, ক্যালসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতি ধাতু নাইট্রোজেনের সহিত বিক্রিয়ায় ধাতব নাইট্রাইড গঠন করে। এই নাইট্রাইডগুলিকে জল সহযোগে ফুটাইলে উহারা আর্দ্র বিশ্লেষিত হইয়া অ্যামোনিয়া গ্যাস নির্গত করে এবং ধাতুর হাইড্রোক্সাইড গঠিত হয়।

$$3Mg+N_2=Mg_3N_2\ ; \qquad Mg_3N_2+6H_2O=3Mg(OH)_2+2NH_3$$
$$3Ca+N_2=Ca_3N_2\ ; \qquad Ca_3N_2+6H_2O=3Ca(OH)_2+2NH_3$$
$$2Al+N_2=2AlN\ ; \qquad AlN+3H_2O=Al(OH)_3+NH_3$$

(৪) প্রায় 1100°C তাপাঙ্কে ক্যালসিয়াম কার্বাইড নাইট্রোজেন গ্যাস শোষণ করিয়া ক্যালসিয়াম সায়ানামাইড উৎপন্ন করে। বিক্রিয়ার ফলে কার্বনও পাওয়া যায়।

$$CaC_2+N_2 \ = \ CaCN_2+C$$

ক্যালসিয়াম কার্বাইড — ক্যালসিয়াম সায়ানামাইড

এইভাবে প্রাপ্ত সায়ানামাইড ও কার্বনের গাঢ় বাদামী মিশ্রণের নাম **নাইট্রোলিম** (Nitrolim)। জমিতে সার হিসাবে ইহার ব্যবহার আছে।

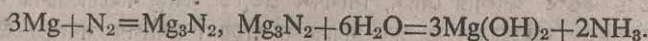
অতিতাপিত (super heated) স্টীম ক্যালসিয়াম সায়ানামাইডকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করিয়া অ্যামোনিয়া ও ক্যালসিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন করে।

$$CaCN_2+3H_2O=CaCO_3+2NH_3$$

পরীক্ষার সাহায্যে নাইট্রোজেনের বিশেষ বিশেষ ধর্মের প্রমাণ :

(১) **নাইট্রোজেন শ্বাসকার্যে সহায়তা করে না।** নাইট্রোজেন গ্যাস পূর্ণ একটি গ্যাসজারে ফড়িং জাতীয় কোন প্রাণী প্রবেশ করাইয়া গ্যাসজারটি ঢাকনি দ্বারা বন্ধ করা হইলে কিছুক্ষণ পর দেখা যায় প্রাণীটি মরিয়া গিয়াছে।

(২) নাইট্রোজেন দাহ্য নহে, সাধারণভাবে দহনেরও সহায়ক নহে। এক জার নাইট্রোজেনের মধ্যে একটি জ্বলন্ত পাটকাঠি প্রবেশ করাইলে ইহা নিবিয়া যায় এবং গ্যাসটিও জ্বলে না।

তবে উত্তপ্ত ম্যাগনেসিয়াম ধাতু নাইট্রোজেন গ্যাসে জ্বলিতে থাকে। একটি জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়ামের ফিতা নাইট্রোজেন গ্যাস পূর্ণ একটি গ্যাসজারে প্রবেশ করাইলে উহা জ্বলিতে থাকে এবং একপ্রকার সাদা গুঁড়া পদার্থ উৎপন্ন হয়। এই সাদা গুঁড়া জলে ফুটাইলে বিশিষ্ট গন্ধ যুক্ত অ্যামোনিয়া গ্যাস নির্গত হয়, যাহা লাল লিটমাসকে নীল করে এবং নেস্‌লার দ্রবণে চালাইলে দ্রবণ বাদামী হয়। ইহা অ্যামোনিয়া সনাক্তকরণের একটি বিশেষ উপায়।

$$3Mg+N_2=Mg_3N_2,\ Mg_3N_2+6H_2O=3Mg(OH)_2+2NH_3.$$

ব্যবহার : (১) অ্যামোনিয়া, নাইট্রিক অ্যাসিড এবং নাইট্রোলিম সারের পণ্য প্রস্তুতিতে নাইট্রোজেন প্রচুর ব্যবহৃত হয়। (২) বৈদ্যুতিক বালবের ভিতর এবং গ্যাস থার্মোমিটারে ইহার ব্যবহার হয়। (৩) অনেক রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটানোর সময় নাইট্রোজেন নিষ্ক্রিয় গ্যাস মাধ্যম হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

সনাক্তকরণ : (১) বর্ণহীন নাইট্রোজেন গ্যাসে জ্বলন্ত শলাকা নিবিয়া যায়। (২) ইহা চুনের জল ঘোলা করে না। (৩) উত্তপ্ত ম্যাগনেসিয়াম কর্তৃক শোষিত হইয়া যে সাদা গুঁড়া পদার্থ উৎপন্ন হয় তাহা জল দিয়া ফুটাইলে অ্যামোনিয়ার গন্ধ পাওয়া যায়।

নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের তুলনা

অক্সিজেন	নাইট্রোজেন
(১) স্বাদহীন বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাস।	(১) স্বাদহীন, বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাস।
(২) বায়ু অপেক্ষা কিঞ্চিৎ ভারী।	(২) বায়ু অপেক্ষা সামান্য হালকা।
(৩) জলে সামান্য দ্রাব্য।	(৩) জলে প্রায় অদ্রাব্য।
(৪) দাহ্য নহে, কিন্তু অন্য পদার্থের দহনের সহায়ক।	(৪) দাহ্য নহে, সাধারণ ভাবে দহনের সহায়ক নহে।
(৫) খুবই সক্রিয় মৌল। শ্বাসকার্যের সহায়ক।	(৫) অপেক্ষাকৃত নিষ্ক্রিয় মৌল, শ্বাসকার্যে মোটেই সাহায্য করে না।
(৬) সাধারণ তাপমাত্রায় ক্ষারীয় পটাসিয়াম পাইরোগ্যালেট দ্রবণ দ্বারা শোষিত হয়।	(৬) সাধারণ তাপমাত্রায় ইহার কোন শোষক নাই।

দেখা যায়, সালফার, কার্বন, ফসফরাস, ম্যাগনেসিয়াম বিশুদ্ধ অক্সিজেনে জ্বালাইলে খুব উজ্জ্বল ভাবে জ্বলে। কিন্তু বায়ুতে ঐ সব পদার্থ জ্বালাইলে ইহাদের ঔজ্জ্বল্য অপেক্ষাকৃত কম হয়। ইহার কারণ বায়ুর অক্সিজেন নাইট্রোজেনের উপস্থিতির জন্য লঘু অবস্থায় বিদ্যমান। এই নাইট্রোজেনই বায়ুর অক্সিজেনের সক্রিয়তা হ্রাস দ্বারা দহনের তীব্রতা কমায়।

পরবর্তী আলোচ্য অংশটুকু নাইট্রোজেনের অন্যান্য যৌগ পড়ার পর আরো ভালভাবে বোধগম্য হইবে।

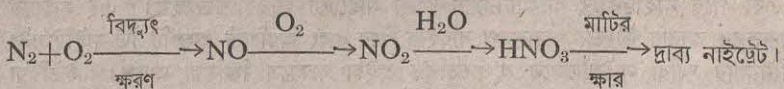
নাইট্রোজেনের প্রাকৃতিক বিবর্তন চক্র (Nitrogen Cycle) : প্রাণী বা উদ্ভিদ্দেহের ক্ষয় পূরণ এবং পুষ্টি সাধনের জন্য প্রোটীন-জাতীয় খাদ্য অবশ্যই প্রয়োজন। এই প্রোটীন ব্যতীত প্রাণিজগতের অস্তিত্ব কল্পনা করা যায় না। প্রোটীনগুলি নাইট্রোজেন-ঘটিত জটিল জৈব যৌগ।

বায়ুমন্ডলে প্রচুর নাইট্রোজেন মৌলাবস্থায় বর্তমান। কিন্তু রাসায়নিকভাবে নাইট্রোজেন অপেক্ষাকৃত নিষ্ক্রিয় পদার্থ, ফলে প্রাণী ও উদ্ভিদ সরাসরি বাতাসের নাইট্রো-জেনকে গ্রহণ করিয়া রাসায়নিক ভাবে ইহাকে উপযুক্ত খাদ্যে পরিণত করিতে পারে না।

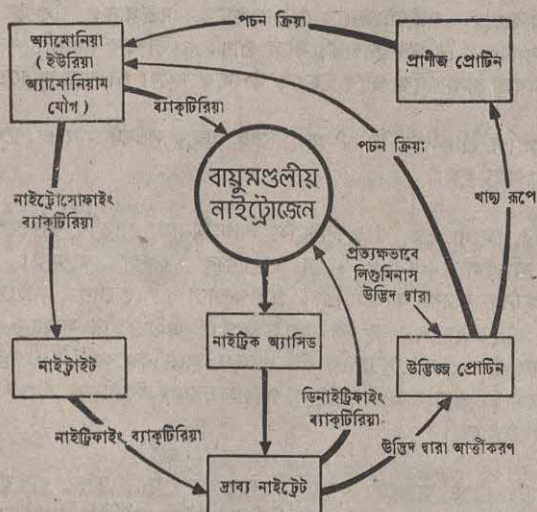
তবে কতকগুলি প্রাকৃতিক নিয়ম অনুসারেই বায়ুর নাইট্রোজেন জীবদেহের উপযোগী খাদ্য রূপে সহজলভ্য হয়।

(১) মটর, ছোলা প্রভৃতি কতকগুলি লিগুমিনাস্ জাতীয় উদ্ভিদের শিকড়-কেশে (root hair) নডিউল (nodule) নামে একপ্রকার অংকুর জন্মায়। এই নডিউলের অ্যাজোটো ব্যাক্টার নামক ব্যাক্টিরিয়া প্রত্যক্ষভাবে বাতাসের নাইট্রোজেনকে যৌগে পরিণত করিয়া উদ্ভিদের খাদ্যের উপযোগী করে। এইজাতীয় সামান্য কয়েকটি উদ্ভিদ ছাড়া অন্য কোন উদ্ভিদেরই সরাসরি নাইট্রোজেন আত্তীকরণের (Nitrogen assimilation) ক্ষমতা নাই। প্রায় সব উদ্ভিদকেই পরোক্ষভাবে নাইট্রোজেন তথা নাইট্রোজেন ঘটিত খাদ্য সংগ্রহ করিতে হয়।

(২) মাঝে মাঝে আকাশে যখন বিদ্যুৎ-ক্ষরণ হয় তখন বায়ুর কিয়ৎ পরিমাণ নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন রাসায়নিক ভাবে মিলিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড গঠন করে এবং উহা বিভিন্ন বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। এই নাইট্রিক অ্যাসিড বৃষ্টির জলে দ্রবীভূত হইয়া মাটিতে আসে এবং মাটিতে উপস্থিত বিভিন্ন ক্ষারকীয় পদার্থ দ্বারা প্রশমিত হইয়া দ্রাব্য নাইট্রেট লবণে রূপান্তরিত হয়। এই নাইট্রেট দ্রবণই উদ্ভিদ শিকড় দ্বারা গ্রহণ করে এবং ইহা হইতে উপযুক্ত প্রোটীন উৎপন্ন হয়। উদ্ভিদ কর্তৃক নাইট্রোজেন আত্তীকরণ এই প্রক্রিয়াতেই হইয়া থাকে।

$$N_2+O_2 \xrightarrow[\text{ক্ষরণ}]{\text{বিদ্যুৎ}} NO \xrightarrow{O_2} NO_2 \xrightarrow{H_2O} HNO_3 \xrightarrow[\text{ক্ষার}]{\text{মাটির}} \text{দ্রাব্য নাইট্রেট।}$$

প্রাণীকুল বায়ুর নাইট্রোজেন গ্রহণে সম্পূর্ণ অক্ষম। জন্তু মাত্রেই উদ্ভিদকে খাদ্যরূপে গ্রহণ করিয়া তাহার প্রোটীনের চাহিদা মেটায়। মাংসাশী জন্তু আবার অপর জন্তুর মাংস, ডিম, দুধ হইতেও নিজের প্রয়োজনীয় প্রোটীন সংগ্রহ করে। মানুষ অবশ্য উদ্ভিদ ও অন্য পশু হইতে প্রোটীন গ্রহণ করিতে পারে।

এইভাবে দীর্ঘদিন জীবজগৎ নাইট্রোজেন গ্রহণ করিলে বায়ুমণ্ডলের নাইট্রোজেন নিঃশেষ হওয়ার কথা। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে দেখা যায় যে, বাতাসে নাইট্রোজেনের পরিমাণ মোটামুটি অপরিবর্তিত থাকে। এই অসম্ভব ঘটনা সম্ভব হওয়ার মূল কারণ, প্রকৃতিতে কতকগুলি বিপরীত ক্রিয়াও প্রতিনিয়ত ঘটিতেছে, যাহার দ্বারা নাইট্রোজেন আবার মৌল-রূপে বায়ুমণ্ডলে ফিরিয়া আসিতেছে।

প্রকৃতির স্বাভাবিক নিয়মে ধ্বংসপ্রাপ্ত উদ্ভিদ ও জীবজন্তুর পচনের ফলে ইহাদের প্রোটীন অ্যামোনিয়া, ইউরিয়া, অ্যামোনিয়াম যৌগে পরিণত হয়। প্রাণীর মলমূত্র হইতেও অ্যামোনিয়া, ইউরিয়া ইত্যাদি মাটিতে আসে এবং মাটিতে উপস্থিত বিভিন্ন ব্যাক্‌টিরিয়ার

চিত্র ২(৩১)—নাইট্রোজেন-চক্র

প্রভাবে ইহা রাসায়নিক ভাবে পরিবর্তিত হয়। ইউরিয়া সহজেই আর্দ্র বিশ্লেষিত হইয়া অ্যামোনিয়া গঠন করে। অ্যামোনিয়া 'নাইট্রোসোফাইং' ব্যাকটিরিয়ার সাহায্যে নাইট্রাইট লবণ এবং পরে নাইট্রিফাইং ব্যাকটিরিয়ার দ্বারা নাইট্রেটে পরিবর্তিত হয়। এই নাইট্রেট আংশিকভাবে আবার উদ্ভিদ খাদ্যরূপে ব্যবহার করে এবং অবশিষ্ট অংশটি ডি-নাইট্রিফাইং ব্যাক্‌টিরিয়ার দ্বারা নাইট্রোজেনে রূপান্তরিত হইয়া বাতাসে ফিরিয়া আসে। ইউরিয়া ও অ্যামোনিয়াম যৌগও ব্যাকটিরিয়ার প্রভাবে নাইট্রোজেনে বিভাজিত হইতে পারে। সুতরাং বাতাসের নাইট্রোজেন জীবজগতে নাইট্রোজেনঘটিত প্রোটীন খাদ্যরূপে প্রবেশ করে এবং প্রাণী ও উদ্ভিদের ধ্বংস ও পচন ক্রিয়ায় আবার মৌল নাইট্রোজেনরূপে বাতাসে ফিরিয়া আসে। ইহাকেই নাইট্রোজেনের **প্রাকৃতিক বিবর্তন** চক্র বলা হয়। এই পরস্পর বিপরীত ক্রিয়া প্রকৃতিতে এমনভাবে ঘটে, যাহাতে বায়ুতে নাইট্রোজেনের পরিমাণ প্রায় স্থির থাকে।

নাইট্রোজেনের বন্ধন (Fixation of Nitrogen) :

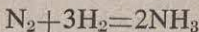
ইহা বায়ুমণ্ডলীয় নাইট্রোজেনের ব্যবহার বলিয়াও গণ্য হইতে পারে।

বাতাসের নাইট্রোজেন প্রাকৃতিক পদ্ধতিতে (natural process) বিভিন্ন যৌগে পরিবর্তিত হইতে পারে। লিগুমিনাস জাতীয় উদ্ভিদ সরাসরি নাইট্রোজেনকে গ্রহণ করিয়া প্রোটীনে পরিবর্তিত করিতে পারে। আবার বায়ুমণ্ডলীর উচ্চতর অংশে বিদ্যুৎক্ষরণেও নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন মিলিত হইতে পারে এবং গঠিত নাইট্রোজেনের অক্সাইড নানা বিক্রিয়ায় দ্রাব্য নাইট্রেট লবণ গঠন করিতে পারে, যাহা উদ্ভিদ খাদ্যরূপে গ্রহণ করে। কিন্তু এইরূপ প্রাকৃতিক পদ্ধতিতে নাইট্রোজেনের অতি সামান্য অংশই কাজে লাগে এবং উৎপন্ন নাইট্রোজেন যৌগের অনেকটাই সাগরের জলে চলিয়া যায়।

বর্তমান যুগে কৃত্রিম উপায়ে নাইট্রোজেনকে কার্যকর যৌগে পরিবর্তিত করার প্রয়োজনীয়তা দেখা দিয়াছে। জমির উৎপাদনশক্তি বৃদ্ধির জন্য কৃত্রিম নাইট্রোজেন ঘটিত সারের চাহিদা দিন দিন বাড়িতেছে। জমির যে দ্রাব্য নাইট্রোজেন যৌগ বৃষ্টি প্রভৃতির জলে ধৌত হইয়া সমুদ্রজলে চলিয়া যাইতেছে তাহার পরিপূরণ করা একান্ত প্রয়োজন। নাইট্রোজেন ঘটিত সার উৎপাদনে অ্যামোনিয়া একটি বিশেষ উপকরণ।

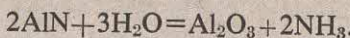
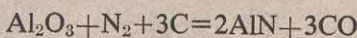
বর্তমান জীবনযাত্রার নিত্যব্যবহৃত বহু পদার্থ তৈয়ারি করিতেও নাইট্রিক অ্যাসিড দরকার। আবার বিস্ফোরক পদার্থের প্রস্তুতিতেও নাইট্রিক অ্যাসিড অপরিহার্য। সুতরাং প্রয়োজনের তাগিদেই বিজ্ঞানীরা কৃত্রিম উপায়ে প্রকৃতির অফুরন্ত নাইট্রোজেনের কিয়দংশ অ্যামোনিয়া, নাইট্রিক অ্যাসিড প্রভৃতির উৎপাদনে ব্যবহার করিতেছেন। যে সকল কৃত্রিম পদ্ধতিতে বাতাসের নাইট্রোজেনকে প্রয়োজনীয় যৌগে রূপান্তরিত করা সম্ভব হইয়াছে, তাহাকেই নাইট্রোজেনের বন্ধন বলা হয়।

(১) **হেভার প্রণালী** : এই পদ্ধতিতে বায়ুর নাইট্রোজেনকে হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া ঘটাইয়া অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করা হয়।

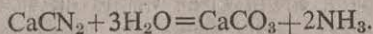
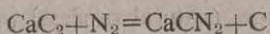
$$N_2+3H_2=2NH_3$$

এই অ্যামোনিয়া হইতে বিভিন্ন অ্যামোনিয়াম লবণ এবং নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতির উত্তম পন্থা জানা আছে।

(২) **সারপেক্ প্রণালী** : অ্যালুমিনিয়াম ধাতুর খনিজ বক্সাইট হইতে প্রস্তুত অ্যালুমিনা (Al_2O_3) এবং কোক মিশ্রণে 1800°C তাপমাত্রায় নাইট্রোজেন প্রবাহিত করিয়া যে অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইড পাওয়া যায় তাহাকে স্টীম দ্বারা বিশ্লেষিত করিয়া অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করা যাইতে পারে। তবে বর্তমানে এই পদ্ধতির ব্যবহার নাই।

$$Al_2O_3+N_2+3C=2AlN+3CO$$

$$2AlN+3H_2O=Al_2O_3+2NH_3.$$

(৩) **সায়ানামাইড পদ্ধতি :** ক্যালসিয়াম কার্বাইডের সহিত নাইট্রোজেনের বিক্রিয়ায় গঠিত ক্যালসিয়াম সায়ানামাইডকে আর্দ্র বিশ্লেষণ দ্বারাও অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করা হয়।

$$CaC_2+N_2=CaCN_2+C$$

$$CaCN_2+3H_2O=CaCO_3+2NH_3.$$

(৪) **বার্কল্যান্ড ও আইড প্রণালীতে** বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গ দ্বারা নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের মিলন ঘটাইয়া নাইট্রিক অক্সাইড প্রস্তুত করা হয় যাহা বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিবর্তিত হইতে পারে। প্রচুর বৈদ্যুতিক শক্তির প্রয়োজন হেতু এই প্রণালীর ব্যবহারও খুব সীমিত।

যথাস্থানে এই সকল পদ্ধতির বিস্তৃত আলোচনা করা হইবে।

তৃতীয় অধ্যায়

মৌলসমূহ—কার্বন, ফসফরাস, সালফার এবং হ্যালোজেন গোষ্ঠী

[*Syllabus* : The Elements—Carbon, Phosphorus, Sulphur and Halogens (Fluorine excluded.)]

কার্বন

(চিহ্ন C, পারমাণবিক গুরুত্ব 12·00)

পৃথিবীতে যত মৌল অদ্যাবধি আবিষ্কৃত হইয়াছে তাহাদের মধ্যে কার্বনের যৌগের সংখ্যাই সর্বাধিক। বস্তুতঃ জীবজগৎ তথা উদ্ভিদ ও প্রাণিজগৎ প্রধানতঃ কার্বন যৌগের দ্বারাই গঠিত। খনিজ পেট্রোলিয়াম কার্বনঘটিত পদার্থের মিশ্রণ মাত্র। কার্বনেটরূপে খনিজ চুনাপাথর ($CaCO_3$), ডলোমাইট ($CaCO_3.MgCO_3$) ইত্যাদিতে কার্বন আছে। বায়ুতে উহা উদ্ভিদজগতের পক্ষে অতি প্রয়োজনীয় কার্বন ডাই-অক্সাইড রূপে বর্তমান।

প্রকৃতিতে মৌলাবস্থায় প্রচুর কার্বন থাকে। মোটামুটি বিশুদ্ধ ভাবে মৌলিক কার্বন হীরক ও গ্রাফাইটে আছে। খনিজ কয়লার অধিকাংশই কার্বন মৌল। তবে ইহাতে অন্যান্য কার্বন যৌগও মিশ্রিত থাকে।

কয়লা ও কার্বন : কয়লা উদ্ভিদের প্রাকৃতিক পরিবর্তনে সৃষ্ট, কার্বন-সমৃদ্ধ গাঢ় বাদামী বা কালো বর্ণের খনিজ পদার্থ। বহুযুগ পূর্বে ভূমিকম্প ও আকস্মিক প্রাকৃতিক আলোড়নের ফলে পৃথিবীর গহন অরণ্যানী তাহার উদ্ভিদ সহ মাটির নীচে চাপা পড়ে। কালক্রমে সেখানে বায়ুর অবর্তমানে, পৃথিবীর অভ্যন্তরের তাপ, ভূগর্ভের মাটির প্রবল চাপ এবং নানারূপ জীবাণুর প্রভাবে উদ্ভিদের রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে। এই পরিবর্তনের ফল স্বরূপই উদ্ভিদ কয়লায় রূপান্তরিত হইতে থাকে। এই রূপান্তর ঘটে ধাপে ধাপে। রাসায়নিক বিবর্তন ও সময়ের সঙ্গে কয়লায় কার্বনের অনুপাত ক্রমশঃ বাড়িতে থাকে।

ক্রম-বিবর্তনের বিভিন্ন স্তরে প্রাপ্ত বিভিন্ন শ্রেণীর কয়লা ও তাহাদের সংক্ষিপ্ত বিবরণ নিম্নরূপ :

নাম	কার্বনের অনুপাত	তাপন মূল্য	অন্যান্য বিবরণ
(১) পিট্ (peat) কয়লা।	60%	9,900 B.Th.u/c.ft	নিম্নশ্রেণীর কয়লা। দহনে প্রচুর ধোঁয়ার সৃষ্টি হয়। অনেকখানি ভস্ম রূপে অবশিষ্ট থাকে। জ্বালানি ক্ষমতা কম বলিয়া ব্যবহার বেশী হয় না।
(২) লিগনাইট্ (lignite) কয়লা।	67%	11,700 B.Th.u/c.ft	ঐ

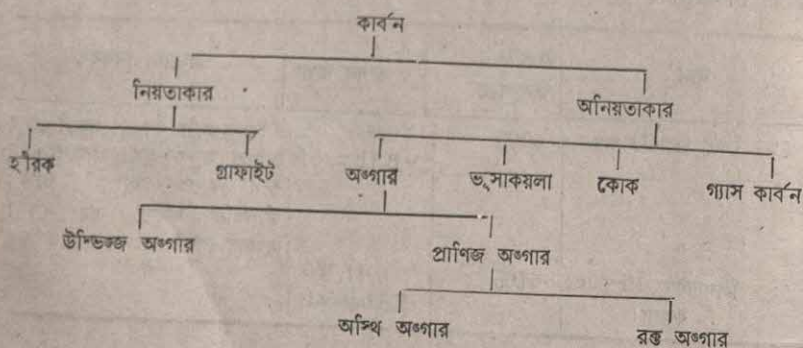
নাম	কার্বনের অনুপাত	তাপন মূল্য	অন্যান্য বিবরণ
(৩) বিটুমিনাস (bituminous) কয়লা।	84·88%	14,950 B.Th.u/c.ft	উচ্চ শ্রেণীর নরম কয়লা গৃহস্থালীর জ্বালানী রূপে ব্যবহৃত হয়। দহনে অপেক্ষাকৃত কম কালো ধোঁয়া সৃষ্টি করে, এই কয়লা কোলগ্যাস প্রস্তুতিতে ব্যবহার করা হয়।
(৪) অ্যান্থ্রাসাইট (anthracite) কয়লা।	94%	15,720 B.Th.u/c.ft	উচ্চশ্রেণীর কয়লা, দহনে ধোঁয়া খুবই কম হয়। অবশেষ হিসাবে ভস্ম কম থাকে। ইহা ধাতু নিষ্কাশনে ব্যবহৃত হয়।

কার্বনের বহুরূপতা (Allotropy of Carbon) : কার্বন একটি বহুরূপী মৌল। কার্বনের **নিয়তাকার** ও **অনিয়তাকার** উভয়বিধ রূপভেদ আছে। নিয়তাকার বা স্ফটিকাকার (Crystalline) রূপভেদ দুইটি, যথা—হীরক বা ডায়মন্ড (diamond) এবং গ্রাফাইট (graphite)। অনিয়তাকার (amorphous) রূপভেদগুলিকে প্রধানতঃ চার ভাগে ভাগ করা হয়। যেমন, অঙ্গার (charcoal), ভূসা কয়লা (lamp black), কোক (coke) ও গ্যাস কার্বন (gas carbon)।

অঙ্গার আবার উদ্ভিজ্জ অঙ্গার (কাঠকয়লা—wood charcoal) ও প্রাণিজ অঙ্গার (animal charcoal) এই দুই শ্রেণীতে বিভক্ত।

প্রাণিজ অঙ্গারকে অস্থি অঙ্গার (bone charcoal) এবং রক্ত অঙ্গার (blood charcoal) দুই ভাগে ভাগ করা হয়।

বিভিন্ন রকমের কার্বনের মধ্যে ধর্মে ও আকৃতিতে সুস্পষ্ট পার্থক্য দেখা যায়। কিন্তু তবুও ইহারা একই কার্বন মৌলের বিভিন্ন রূপভেদ মাত্র।

নিম্নে কার্বনের রূপভেদগুলির শ্রেণীবিন্যাসের ছক দেওয়া হইল—

বর্তমানে রঞ্জন রশ্মির পরীক্ষা দ্বারা দেখা গিয়াছে, কার্বনের অনিয়তাকার রূপভেদগুলির মধ্যে ছোট ছোট গ্রাফাইট কেলাস ইতস্ততঃ ছড়াইয়া আছে। এই পরিপ্রেক্ষিতে কার্বনের কেবল দুইটি নিয়তাকার রূপভেদ স্বীকার করিতে হয়। তবে অনিয়তাকার কার্বনগুলিতে উপস্থিত স্ফটিক-গুলির সুনির্দিষ্ট সমাবেশ না হওয়ায় ইহারা প্রকৃত স্ফটিকাকার ধারণ করে না।

নিয়তাকার কার্বন : হীরক (Diamond) : খনিজ হিসাবে ইহা অতি মূল্যবান পদার্থ। খনিজ হীরক দক্ষিণ আফ্রিকা, ব্রাজিল ও ভারতের গোলকুণ্ডায় পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি : ইহা মাটির নীচে পাথরের সহিত এবং নদীতীরে বালির সহিত মিশ্রিত অবস্থায় পাওয়া যায়। খনি বা নদীতীর হইতে এই সকল পদার্থ আনিয়া বাহিরে উন্মুক্ত অবস্থায় ফেলিয়া রাখা হয়। জল ও বায়ুর ক্রিয়ায় পাথরগুলি কিয়ৎ-পরিমাণে ভাঙিগয়া যায়। উহাদিগকে আরও চূর্ণ করিয়া জলের সহিত মিশাইয়া চর্বি বা মোম মাখানো টেবিলের উপর দিয়া পরিচালিত করা হয়। ফলে অশুদ্ধি অপেক্ষা অধিকতর ভারী বলিয়া হীরকচূর্ণ টেবিলে চর্বি বা মোমে আটকাইয়া যায়। এইরূপে খনিজ হীরক উদ্ধার করা হয়।

ময়সা (Moissan) 1893 খ্রীঃ কৃত্রিম উপায়ে শর্করা অঙ্গার (বিশুদ্ধতম অংগার) হইতে হীরক প্রস্তুত করেন। তাঁহার প্রক্রিয়ায় একটি কার্বনের মুচিতে কিছু লোহ ও শর্করা অঙ্গারের মিশ্রণ লইয়া তড়িৎ সাহায্যে 3000°C মাত্রায় গলানো হয়। ইহাতে গলিত লোহে কিছু কার্বন দ্রবীভূত হয়। এই অবস্থায় উচ্চ চাপে দ্রবণটি গলিত লেডের মধ্যে ডুবাইয়া তাড়াতাড়ি শীতল করা হয়। এই ভাবে তাপমাত্রা কমানোর ফলে সংকোচন হেতু দ্রবীভূত কার্বনের উপর অস্বাভাবিক চাপ সৃষ্টি হয় এবং দ্রবীভূত কার্বনের কিয়দংশ ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র হীরকের স্ফটিক রূপে পৃথক হয়। কিছুটা কার্বন গ্রাফাইটেও পরিণত হয়। অতঃপর লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা আয়রন দ্রবীভূত করিয়া হীরক ও গ্রাফাইট পৃথক করা হয়।

কৃত্রিম হীরক অতি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণায় পাওয়া যায় বলিয়া খনিজ হীরকের ন্যায় ইহার মূল্য নাই, অধিকন্তু এই প্রক্রিয়া অতীব ব্যয়সাপেক্ষ।

বিশুদ্ধ হীরক বর্ণহীন, স্বচ্ছ, উজ্জ্বল কেলাসাকার (crystalline) পদার্থ। প্রায়শঃ ইহার সহিত নানা পদার্থ স্বল্প পরিমাণে মিশ্রিত থাকে বলিয়া ইহা স্বচ্ছ হইলেও নানা বর্ণের হয়। পদার্থসমূহের মধ্যে ইহা সর্বাপেক্ষা কঠিন। ইহা তাপ ও বিদ্যুৎ অপরি-বাহী এবং রাসায়নিক ভাবে নিষ্ক্রিয়। রঞ্জনরশ্মি হীরকের মধ্য দিয়া অতিক্রম করে, কিন্তু কৃত্রিম কাচের মধ্য দিয়া পারে না। ইহা দ্বারা প্রকৃত হীরক চেনা যাইতে পারে।

ব্যবহার : (১) উজ্জ্বলতার জন্য সাধারণত রত্ন হিসাবেই ইহা বেশী ব্যবহৃত হয়। (২) অত্যধিক কাঠিন্যের জন্য ইহা শক্ত কাঁচ কাটিতে এবং পাহাড়ের গায়ে ফুটা (drill) করিতে ব্যবহৃত হয়।

কালো রং-এর হীরককে কার্বনাডো (carbonado) এবং বোর্ট (bort) বলা হয়। ইহা নিম্নশ্রেণীর হীরক। রত্ন হিসাবে ইহাদের মূল্য নাই, তবে কাঁচ কাটা, পাথর কাটা, পালিশ করার কাজে ইহারা ব্যবহৃত হয়।

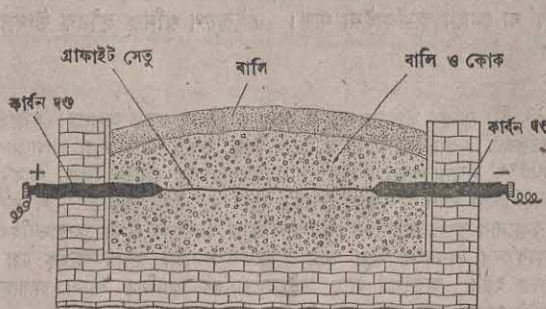
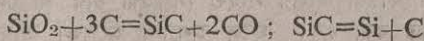
গ্রাফাইট (Graphite) : গ্রাফাইট শব্দটির উৎপত্তি গ্রীক্ শব্দ Grapho (অর্থ I write) হইতে। ইহা কাগজে দাগ দিতে পারে বলিয়াই এইরূপ নামকরণ হইয়াছে।

সাইবেরিয়া, সিংহল, ইতালী ও যুক্তরাষ্ট্রে গ্রাফাইট খনিজ রূপে পাওয়া যায়। বিভিন্ন ব্যবহারিক প্রয়োজনে বর্তমানে কৃত্রিম উপায়ে গ্রাফাইট প্রস্তুত করা হয়।

কৃত্রিম গ্রাফাইট উৎপাদন—অ্যাকেসন পদ্ধতি (Acheson process) : এই পদ্ধতিতে অগ্নিসহ ইষ্টক নির্মিত প্রকাণ্ড চুল্লীতে বালির সহিত বিচূর্ণ কোক মিশাইয়া 3000—3500°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। মিশ্রণের ভিতর দুইটি বিপরীতমুখী গ্রাফাইট কার্বনের দণ্ডের সাহায্যে তড়িৎ প্রবাহিত করিয়া উচ্চ উষ্ণতার সৃষ্টি করা হয়। মিশ্রণটি বালিস্তূপ দ্বারা ঢাকা থাকে।

বিক্রিয়ায় প্রথমে সিলিকন কার্বাইড গঠিত হয় এবং উচ্চ উষ্ণতায় উহা বিযোজিত হইয়া গ্রাফাইট ও মৌল সিলিকন উৎপন্ন করে। সিলিকন বাষ্পাকারে উড়িয়া যায়।

$$SiO_2+3C=SiC+2CO\ ;\ \ SiC=Si+C$$

চিত্র ২(৩২)—কৃত্রিম গ্রাফাইট প্রস্তুতি : অ্যাকেসন পদ্ধতি

গ্রাফাইট ধূসর বর্ণের কেলাসাকার পদার্থ। ইহা নরম, পিচ্ছিল, ধাতব ঔজ্জ্বল্য বিশিষ্ট, তাপ ও তড়িতের উত্তম পরিবাহী। ইহার ঘনত্ব 2·2।

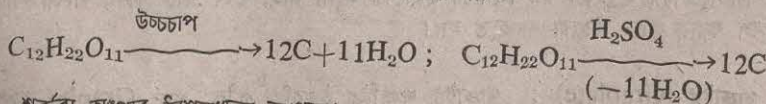
ব্যবহার : ইহা পেন্সিলের শিস্ রূপে, উচ্চ তাপসহ বড় বড় মুচি তৈরী করিতে, কোন কোন যন্ত্রের পিচ্ছিলকারক তৈল প্রস্তুতিতে, বৈদ্যুতিক চুল্লীর তড়িৎদ্বার হিসাবে ব্যবহার হয়। কোন কোন সময় তড়িৎ অপরিবাহী পদার্থের উপর ইহার প্রলেপ দিয়া তড়িৎ-পরিবাহী করা হয়।

অনিয়তাকার কার্বন : **উদ্ভিজ্জ অঙ্গার বা কাঠকয়লা** (Charcoal) : লৌহনির্মিত প্রকোষ্ঠে বায়ুর অবর্তমানে কাঠের অন্তর্ধূম পাতন করিলে কাঠের অনেক জৈব পদার্থ বিভাজিত হইয়া উদ্বায়ী পদার্থরূপে নির্গত হয়। অনুদ্বায়ী পদার্থ রূপে প্রকোষ্ঠে যে কালো অবশেষ থাকে তাহাই উদ্ভিজ্জ অঙ্গার।

সাধারণতঃ খুব স্বল্প পরিমাণ বায়ুর সংস্পর্শে কাঠকে আংশিক ভাবে পুড়াইয়া কাঠকয়লা পাওয়া যায়।

নারিকেলমালাও অন্তর্ধূম পাতনে অনুরূপ ভাবে অঙ্গারে পরিণত হয়। চিনি বা শর্করার অন্তর্ধূম পাতন করিয়া অথবা চিনির সহিত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া শর্করা অঙ্গার (sugar charcoal) পাওয়া যায়।

$$C_{12}H_{22}O_{11}\xrightarrow{\text{উচ্চচাপ}}12C+11H_2O\ ;\ \ C_{12}H_{22}O_{11}\xrightarrow[(-11H_2O)]{H_2SO_4}12C$$

শর্করা অঙ্গার বিশুদ্ধতম অঙ্গার।

প্রাণিজ অঙ্গার (Animal charcoal) : প্রাণিদেহের হাড়ের ছোট ছোট টুকরা চর্বিমুক্ত করিয়া অন্তর্ধূম পাতন করিলে অনুদ্বায়ী অবশেষ রূপে পাওয়া যায় অস্থিঅঙ্গার (bone charcoal)। প্রাণিজ অঙ্গার একটি ঘনকালো চূর্ণ পদার্থ। ইহাতে কার্বনের সহিত প্রায় 80% ক্যালসিয়াম ফসফেট মিশ্রিত থাকে। ইহাকে বোন ব্ল্যাক (bone black) বলা হয়। উষ্ণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় উহার ক্যালসিয়াম ফসফেট অংশ দ্রবীভূত হইয়া ঘোর কালো কার্বন পড়িয়া থাকে। কালো অংশ পৃথক করা হয়। ইহার নাম আইভরি ব্ল্যাক (ivory black)।

রক্তের অন্তর্ধূম পাতন করিয়া পাতনপাত্রে যে কালো অঙ্গারচূর্ণ পাওয়া যায় তাহাই রক্ত অঙ্গার (blood charcoal)। ইহা খুব উৎকৃষ্ট প্রাণিজ অঙ্গার।

অঙ্গার কালো অনিয়তাকার কঠিন পদার্থ। ইহা তাপ ও বিদ্যুতের অপরিবাহী। ইহা অত্যন্ত সচ্ছিদ্র (porous) পদার্থ। ইহার অসংখ্য সূক্ষ্ম ছিদ্রগুলি বায়ুপূর্ণ থাকে বলিয়া জল অপেক্ষা ভারী হওয়া সত্ত্বেও ইহা জলে ভাসে।

সচ্ছিদ্র অঙ্গারকে বায়ুমুক্ত করিলে ইহা গ্যাস শোষণ করে এবং শোষিত গ্যাস ছিদ্রের গায়ে আকৃষ্ট হইয়া থাকে। এই প্রক্রিয়ায় গ্যাস অঙ্গারে দ্রবীভূত হয় না বা কোনরূপ রাসায়নিক ক্রিয়া করে না। পক্ষান্তরে গ্যাস অভ্যন্তরে প্রবেশ না করিয়া ইহার বহির্গাত্রে আটকাইয়া থাকে। **কোনরূপ রাসায়নিক সংযোগ ব্যতীত কঠিন পদার্থ (ক্ষেত্র বিশেষে তরল পদার্থ) কর্তৃক গ্যাস শোষণ করিয়া ইহার বহির্গাত্রে আকৃষ্ট করিয়া রাখাকে অধি-শোষণ** বা বহির্ধৃতি (adsorption) **বলা হয়।** মনে রাখা দরকার অধিশোষণ একটি তল প্রক্রিয়া (surface phenomenon)। সাধারণ শোষণে (absorption) শোষিত পদার্থ শোষকের অভ্যন্তরে সম্পূর্ণ ভাবে প্রবেশ করে এবং সমগ্র শোষকে ছড়াইয়া পড়ে। কিন্তু অধিশোষণে শোষক পদার্থের কেবল পৃষ্ঠতলে শোষিত পদার্থ ঘনীভূত হয়। যে পদার্থের পৃষ্ঠতলে অধিশোষণ হয় তাহাকে বলা হয় অধিশোষক (adsorbent)।

উত্তাপ প্রয়োগে বহির্ধৃত গ্যাস বাহির হইয়া যায়।

নারিকেলের অঙ্গারকে স্বল্প বাতাসে বা স্টীমে 800–900°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে উহার বহির্ধৃতিক্ষমতা অনেকাংশে বাড়ে। এই অবস্থায় ইহাকে বলা হয় **উজ্জীবিত** বা **সক্রিয় অঙ্গার** (activated charcoal)।

জিঙ্ক ক্লোরাইড বা ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণে সিক্ত করিয়া কাঠের অন্তর্ধূম পাতন করিলে উজ্জীবিত অঙ্গার পাওয়া যায়। প্রাণিজ অঙ্গারও উত্তম উজ্জীবিত অঙ্গার। উজ্জীবিত অঙ্গারের বহির্ধৃতি ক্ষমতা খুব বেশী। ইহা গ্যাস মুখোশ (gas mask) প্রস্তুতিতে, বিভিন্ন তরল পদার্থের অবাঞ্ছিত রং, ময়লা, গন্ধ, কোন কোন ক্ষেত্রে স্বাদ অপসারণ করিতে ব্যবহৃত হয়।

উজ্জীবিত কয়লা অনেক রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সাধারণ তাপমাত্রায় অনুঘটকের কাজ করে।

বহির্ধৃত-গ্যাস সাধারণ অবস্থার গ্যাস হইতে অধিকতর সক্রিয়। উদাহরণ স্বরূপ বলা যায়, সাধারণ ক্লোরিন হাইড্রোজেনের সহিত অন্ধকারে ক্রিয়া করে না। কিন্তু বহির্ধৃত

অবস্থা হইতে উত্তাপ প্রয়োগে মুক্ত করিলে ইহা অন্ধকারেও হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হয়।

অঙ্গার শক্তিশালী বিজারক। ইহার বিজারণ ক্ষমতা ও অন্যান্য রাসায়নিক ধর্ম পরে কার্বনের ধর্ম আলোচনা কালে বলা হইয়াছে।

অঙ্গারের ব্যবহার : উদ্ভিজ্জ অঙ্গার জ্বালানী হিসাবে, ধাতু নিষ্কাশনে বিজারক রূপে, বারুদ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। ইহা ফিলটার বেডে পরিস্রাবক হিসাবে, দূষিত বাষ্পের শোষক হিসাবে এবং উজ্জীবিত কয়লা প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। ল্যাবরেটরীতে অঙ্গার বিজারণ পরীক্ষায়ও (charcoal reduction test) ইহা ব্যবহার করা হয়। প্রাণিজ অঙ্গার শর্করা শিল্পে চিনি শোধন করিতে এবং আইভরি ব্ল্যাক কালো রং হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

ভূসা কয়লা (Lamp black) : কেরোসিন, পেট্রোলিয়াম, তার্পিনতেল, বেঞ্জিন ইত্যাদি কার্বনবহুল জৈব তরল অপর্যাপ্ত বায়ুতে দহন করিলে একপ্রকার কালো ধোঁয়া সহ জ্বলে। এই নির্গত ধূম শীতল পাত্রে জমা করিলে একটি কালো ঝুল সৃষ্টি হয়, ইহাকে ভূসা কয়লা বলা হয়।

ইহা ছাপার কালি, জুতার কালি, রঞ্জকের উপাদান হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

কোক ও গ্যাস কার্বন (Coke and gas carbon) : প্রাকৃতিক কয়লাকে অন্তর্ধূম পাতন করিলে যে অনুদ্বায়ী কঠিন পদার্থ অবশেষ হিসাবে থাকে তাহাই কোক। কোকের প্রকৃতি পাতন প্রক্রিয়ার তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল। কম উষ্ণতায় পাতন করিলে যে কোক পাওয়া যায় তাহা সফ্‌ট্‌ কোক (soft coke) এবং উচ্চ উষ্ণতায় পাতনের ফলে হার্ড কোক (Hard-coke) পাওয়া যায়। পাতন পাত্রের অপেক্ষাকৃত শীতল দেওয়ালে যে শক্ত কালো পদার্থের আস্তরণ পড়ে তাহা গ্যাস কার্বন। ইহা তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবাহী।

হার্ড কোক ধাতু নিষ্কাশনে বিজারক রূপে ও জ্বালানি হিসাবে এবং সফ্‌ট্‌ কোক গৃহস্থালীর জ্বালানীরূপে ব্যবহৃত হয়।

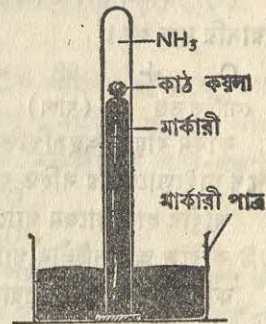
গ্যাস কার্বন তড়িৎ বিশ্লেষণে তড়িৎদ্বাররূপে, অনেক ব্যাটারীতে ক্যাথোডরূপে, আর্ক দীপের (Arch light) তড়িৎদ্বার রূপে বহুল ব্যবহৃত হয়।

চিত্র ২(৩৩)—অঙ্গারের সচ্ছিদ্রতার প্রমাণ

অঙ্গার যে সরন্ধ্র তাহা পরীক্ষার সাহায্যে প্রমাণ করা যায়। অঙ্গারের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·4 হইতে 1·9 পর্যন্ত। সেইজন্য স্বাভাবিক নিয়মে ইহার জলে ডুবিয়া থাকা উচিত, কিন্তু কার্যক্ষেত্রে ঠিক বিপরীত দেখা যায়। একটি গ্যাসজারে জল লইয়া একখণ্ড কাঠকয়লা উহাতে ছাড়িয়া দিলে উহা জলে ভাসিতে দেখা যায়। অতঃপর একটি কর্ক দ্বারা গ্যাসজারের মুখ আটকাইয়া একটি কাচনল কর্কের মধ্য দিয়া জারে প্রবেশ করানো হয়। অতঃপর এই নল দিয়া পাম্পের সাহায্যে অভ্যন্তরস্থ বায়ু টানিয়া লইলে দেখা যায়, কাঠকয়লা ডুবিয়া যাইতেছে। এই পরীক্ষার দ্বারা ইহা স্পষ্ট যে, অঙ্গার সরন্ধ্র, ইহার গায়ে প্রচুর বায়ু আটকাইয়া থাকে। সেইজন্য বায়ুযুক্ত অঙ্গারের

কার্যকরী আপেক্ষিক গুরুত্ব জল অপেক্ষা কম হইয়া যায় ; ফলে ইহা জলে ভাসে কিন্তু কাঠকয়লার অভ্যন্তরস্থ বায়ু নিষ্কাশিত করিলে উহা ভারী হইয়া জলে ডুবে।

পরীক্ষার সাহায্যে অঙ্গারের গ্যাস শোষণের প্রমাণ : একমুখ বন্ধ একটি কাচনল অ্যামোনিয়া দ্বারা পূর্ণ করিয়া উহা একটি পারদপূর্ণ পাত্রে উপুড় করিয়া রাখা হইল। একখণ্ড কাঠকয়লা ভালভাবে উত্তপ্ত করিয়া উহার মধ্যস্থিত বায়ু অপসারণ করার পর ঠাণ্ডা করিয়া পারদের মধ্য দিয়া কাচনলে প্রবেশ করানো হইল। কয়েক মিনিটের মধ্যেই দেখা যায় পারদ কাচনল বাহিয়া উপরের দিকে উঠে এবং কাচনল সম্পূর্ণ ভাবে পারদে পূর্ণ হয়। ইহার কারণ কাঠকয়লা অ্যামোনিয়া শোষণ করিয়া কাচনলে যে শূন্যতার সৃষ্টি করে তাহা পূর্ণ করিতে পারদ উপরে উঠে।

চিত্র ২(৩৪)—অঙ্গারের গ্যাস শোষণ

এই পরীক্ষা ক্লোরিন, সালফার ডাই-অক্সাইড ইত্যাদি গ্যাস লইয়া করা হইলে দেখা যায় কাঠকয়লা উক্ত গ্যাসগুলি শোষণ করিতে পারে। প্রকৃতপক্ষে এই পরীক্ষা অধিশোষণ প্রক্রিয়ারই একটি উদাহরণ এবং এই পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত হয় কাঠকয়লা একটি উৎকৃষ্ট অধিশোষক। এখানে অ্যামোনিয়া কাঠকয়লার সহিত কোন রাসায়নিক ক্রিয়া করে না অথবা কাঠকয়লার অভ্যন্তরে সর্বত্র বিস্তার লাভ করে না। পরন্তু গ্যাসটি কাঠকয়লার পৃষ্ঠতলে আটকাইয়া থাকে মাত্র। উজ্জীবিত কয়লার গ্যাস অধিশোষণ ক্ষমতা আরোও অধিক।

গ্যাস শোষণ ছাড়াও অঙ্গার দ্রবণ হইতে দ্রবীভূত পদার্থ শোষণ করিতে পারে। দেখা যায় অঙ্গার পদার্থের রং, গন্ধ, এমন কি কোন কোন সময় স্বাদ পর্যন্ত শোষণ করে।

(অ) অপরিষ্কার চিনির বাদামী বর্ণের জলীয় দ্রবণে কিছু প্রাণিজ অঙ্গার মিশাইয়া উত্তমরূপে নাড়িয়া ফিলটার করিলে যে পরিস্রুত পাওয়া যায় তাহা চিনির স্বচ্ছ দ্রবণ। চিনিতে যে অবাঞ্ছিত রঙিন পদার্থ ছিল তাহা অঙ্গার দ্বারা শোষিত হইয়া যায়।

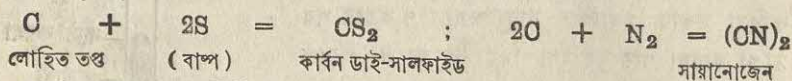
(আ) লাল বা নীল লিটমাসের দ্রবণ প্রাণিজ অঙ্গার সহ ফুটাইয়া ফিল্টার করিলে বর্ণহীন পরিস্রুত পাওয়া যায়। এক্ষেত্রে অঙ্গার লিটমাসের রঙ্ শোষণ করিয়াছে। এই পরীক্ষা নীলের (Indigo) জলীয় দ্রবণ লইয়া করা যাইতে পারে।

(ই) উজ্জীবিত কয়লার মধ্য দিয়া তিক্ত কুইনাইন সালফেটের দ্রবণ ফিল্টার করিলে যে পরিস্রুত পাওয়া যায় তাহাতে তিক্ত স্বাদ থাকে না। এক্ষেত্রে কুইনাইনের তিক্ত স্বাদ উজ্জীবিত অঙ্গার শোষণ করে।

হাইড্রোজেন সালফাইডের (H_2S) জলীয় দ্রবণে লেড নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করিলে কালো অধঃক্ষেপ পড়ে (PbS)। কিন্তু উজ্জীবিত কাঠকয়লার মধ্য দিয়া H_2S দ্রবণকে ফিলটার করিয়া পরিস্রুতে লেড নাইট্রেট দ্রবণ মিশাইলে কোন কালো অধঃক্ষেপ দেখা দেয় না। উজ্জীবিত কয়লা দ্রবণের H_2S শোষণ করায় এইরূপ হয়।

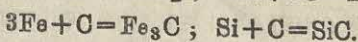
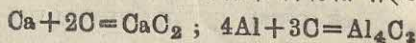
কার্বনের রাসায়নিক ধর্ম : (১) বায়ুতে বা অক্সিজেনে দহন করিলে প্রতিটি রূপভেদই অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড দেয়। অল্প অক্সিজেনে দহনের ফলে কার্বন-মনোক্সাইড গঠিত হয়। $C+O_2=CO_2$; $2C+O_2=2CO$.

(২) কার্বন উচ্চ উষ্ণতায় সালফার, নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন প্রভৃতির সহিত সরাসরি যুক্ত হয়।

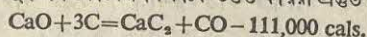
$$\underset{\text{লোহিত তপ্ত}}{C} + \underset{\text{(বাষ্প)}}{2S} = \underset{\text{কার্বন ডাই-সালফাইড}}{CS_2} \quad ; \quad 2C + N_2 = \underset{\text{সায়ানোজেন}}{(CN)_2}$$

কার্বন বায়ুর অনুপস্থিতিতে 1100°—2100°C তাপাঙ্কে এবং 200 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া মিথেন উৎপন্ন করে। $C+2H_2 \rightleftharpoons CH_4$

আবার হাইড্রোজেন গ্যাসের মধ্যে কার্বন তড়িৎদ্বারের সাহায্যে তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গের সৃষ্টি করিলে অ্যাসিটিলীন গ্যাস উৎপন্ন হয়। $2C+H_2=C_2H_2$

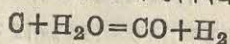
কার্বন উত্তপ্ত ক্যালসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম, আয়রন প্রভৃতি ধাতুর সহিত যুক্ত হইয়া ধাতব কার্বাইড উৎপন্ন করে। সিলিকন মৌলও উচ্চ তাপাঙ্কে কার্বনের সহিত ক্রিয়া করিয়া কার্বাইড গঠন করে। $Ca+2C=CaC_2$; $4Al+3C=Al_4C_3$

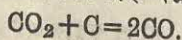
$3Fe+C=Fe_3C$; $Si+C=SiC$.

কার্বাইডগুলির মধ্যে ক্যালসিয়াম কার্বাইড ও সিলিকন কার্বাইড সবিশেষ উল্লেখযোগ্য।

শিল্প প্রয়োজনে ক্যালসিয়াম কার্বাইড (CaC_2) বৈদ্যুতিক চুল্লীতে প্রায় 2000°C বা তদূর্ধ্ব তাপমাত্রায় তিনভাগ চুন ও দুইভাগ কোকের মিশ্রণকে উত্তপ্ত করিয়া প্রস্তুত করা হয়।

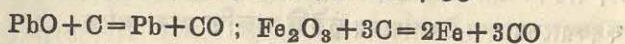
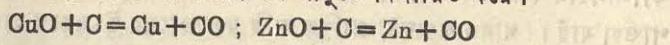
$$CaO+3C=CaC_2+CO-111,000 \text{ cals.}$$

শিল্পের প্রয়োজনে সিলিকন কার্বাইড বৈদ্যুতিক চুল্লীতে 1500°C–2200°C তাপমাত্রায় বালু (সিলিকা) এবং বিচূর্ণ কোকের (5 : 3 অনুপাত) মিশ্রণের সহিত কিছু সাধারণ লবণ ও কাঠের গুঁড়ার সঙ্গে উত্তপ্ত করিয়া প্রস্তুত করা হয়। অবিশুদ্ধ সিলিকন কার্বাইড একটি কালো বর্ণের উজ্জ্বল, অত্যন্ত শক্ত কঠিন পদার্থ। ইহাকে বলা হয় কার্বোরাণ্ডাম। ইহা সহজে গলে না বলিয়া পালিশের কাজে এবং অগ্নিসহ আস্তরণ হিসাবেও ইহা ছোট ছোট চুল্লীর অভ্যন্তরে ব্যবহৃত হয়। $SiO_2+3C=SiC-2CO$.

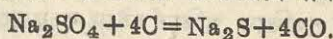
(৩) লোহিত-তপ্ত কোকের উপর দিয়া (1000°C) নিয়ন্ত্রিত পরিমাণ বায়ু পরিচালনা করিলে উহা বায়ুর অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া কার্বন মনোক্সাইড গঠন করে এবং এইভাবে কার্বন-মনোক্সাইড ও নাইট্রোজেনের যে মিশ্রণ পাওয়া যায় তাহাকে বলা যায় **প্রডিউসার গ্যাস।**

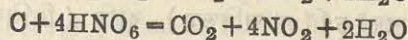
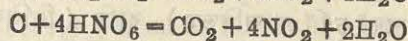
(৪) উচ্চ তাপমাত্রায় কার্বন একটি **উত্তম বিজারক** হিসাবে কাজ করে। শ্বেত তপ্ত কোকের উপর দিয়া ষ্টীম প্রবাহিত করিলে কোক ষ্টীমকে হাইড্রোজেনে বিজারিত করে এবং নিজে কার্বন মনোক্সাইডে জারিত হয়। এইভাবে সমআয়তনের হাইড্রোজেন ও কার্বন মনোক্সাইডের যে মিশ্রণ পাওয়া যায় তাহাকে **ওয়াটার গ্যাস** বলা হয়। $C+H_2O=CO+H_2$

লোহিত-তপ্ত কার্বন কার্বন ডাই-অক্সাইডকে কার্বন মনোক্সাইডে বিজারিত করে।

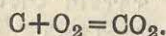
$$CO_2+C=2CO.$$

উত্তপ্ত অবস্থায় ইহা বহু ধাতব অক্সাইডকে ধাতুতে বিজারিত করে।

$$CuO + C = Cu + CO \; ; \; ZnO + C = Zn + CO$$

$$PbO + C = Pb + CO \; ; \; Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO$$

উত্তপ্ত কার্বন সোডিয়াম সালফেটকে সোডিয়াম সালফাইডে বিজারিত করে।

$$Na_2SO_4 + 4C = Na_2S + 4CO.$$

(৫) উত্তপ্ত, ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড এবং নাইট্রিক অ্যাসিড কার্বনকে কার্বন ডাই-অক্সাইডে জারিত করে এবং সালফিউরিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অ্যাসিড কার্বন দ্বারা বিজারিত হইয়া যথাক্রমে সালফার ডাই-অক্সাইড ও নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। $C + 2H_2SO_4 = CO_2 + 2SO_2 + 2H_2O$;

$$C + 4HNO_6 = CO_2 + 4NO_2 + 2H_2O$$

বিভিন্ন প্রকারের কার্বন যে একই মৌলিক পদার্থের বিভিন্ন রূপভেদ তাহার প্রমাণ : কার্বনের বিভিন্ন রূপভেদ সমপরিমাণ লইয়া পৃথক ভাবে অতিরিক্ত পরিমাণ বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অক্সিজেনে দহন করিলে প্রতি ক্ষেত্রেই কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ সব ক্ষেত্রেই সমান হয়।

$$C + O_2 = CO_2.$$

একটি দীর্ঘ শক্ত মোটা নলের একপ্রান্তে পোর্সেলিন বোটে নির্দিষ্ট ওজনের কার্বনের একটি রূপভেদ যেমন শর্করা কয়লা (sugar charcoal) লওয়া হয়। কাচনলের অপর প্রান্তের দিক হইতে প্রায় অর্ধেক কালো বিশুদ্ধ কিউপ্রিক অক্সাইড দ্বারা পূর্ণ থাকে। এখন কাচনলের যে প্রান্তে পোর্সেলিন বোট আছে সেই প্রান্ত দিয়া বিশুদ্ধ শুষ্ক অক্সিজেন কাচনলে প্রবাহিত করা হয় এবং নলের বায়ু অপসারিত হইলে উহার অপর প্রান্তে পূর্বে সঠিক ওজন জানা একটি পটাস বাল্‌ব লাগানো হয়। অতঃপর অক্সিজেন প্রবাহ অব্যাহত রাখিয়া কাচনলটি তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়। ইহার ফলে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং অক্সিজেন দ্বারা তাড়িত হইয়া পটাস বালবে শোষিত হইয়া উহার ওজন বৃদ্ধি করে। এই ওজন বৃদ্ধি হইতে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ জানা যায়।

শর্করা কয়লার পরিবর্তে একই ওজনের অন্য রূপভেদ যথা গ্রাফাইট, হীরক, প্রাণিজ অঙ্গার লইয়া পৃথক ভাবে এই পরীক্ষা চালাইলে দেখা যায় প্রতিক্ষেত্রেই উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ একই। ইহাতে নিঃসন্দেহে প্রমাণিত হয়, বিভিন্ন প্রকারের কার্বন একই মৌলিক পদার্থের রূপভেদ।

ফসফরাস

(চিহ্ন P, পারমাণবিক গুরুত্ব 30·98)

ফসফরাসের মৌলিকত্ব প্রথমে প্রমাণ করেন বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার। বায়ুতে স্বতঃদহনে আলো বা অনুপ্রভা দেয় বলিয়া ইহার নামকরণ করা হয় ফসফরাস (Phos অর্থে আলো, Phere অর্থে ধারণ করে)। প্রকৃতিতে মৌল ফসফরাস পাওয়া যায় না।

প্রস্তুতি : প্রকৃতিতে যে খনিজ ধাতব ফসফেট পাওয়া যায় তাহার মধ্যে

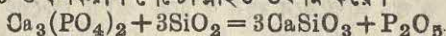
ক্যালসিয়াম ফসফেটই প্রধান। প্রাণীর অস্থিতে প্রায় 80% পর্যন্ত ক্যালসিয়াম ফসফেট পাওয়া যায়। খনিজ ফসফেট, প্রাণিজ অস্থি ফসফরাসের উৎসরূপে ব্যবহৃত হয়।

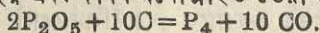
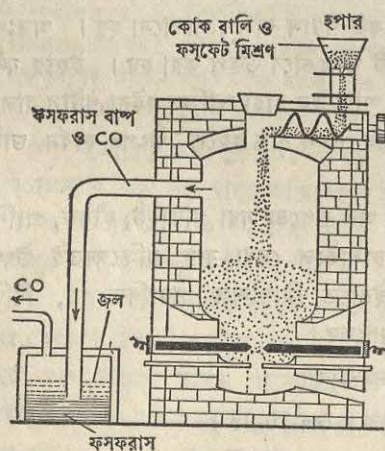
ফসফরাসের পণ্য উৎপাদনের **দুইটি পদ্ধতি** জানা আছে।

(১) আধুনিক তড়িৎ পদ্ধতিতে খনিজ ফসফেট এবং অস্থিচূর্ণ হইতে ইহা প্রস্তুত করা হয়। (২) পুরাতন রিটর্ট পদ্ধতিতে অস্থিচূর্ণ হইতে ফসফরাসের প্রস্তুতি সম্পন্ন করা হয়। বর্তমানে বৈদ্যুতিক শক্তির ব্যবহার করিয়া ফসফরাস উৎপাদন সহজ বলিয়া পুরাতন পদ্ধতি প্রায় অপ্রচলিত।

(ক) আধুনিক তড়িৎ পদ্ধতি : প্রবর্তনকারীদের নামানুসারে এই পদ্ধতিকে রীডম্যান-পার্কার-রবিনসন প্রণালীও বলা হয়।

এই পদ্ধতিতে খনিজ ফসফেট চূর্ণ (বা অস্থিভস্ম), বালি (সিলিকা) ও কোক-এর মিশ্রণ তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ বা আর্ক দ্বারা সৃষ্ট উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। উচ্চ তাপমাত্রায় (1200°C) প্রথমে ক্যালসিয়াম ফসফেট সিলিকার সহিত বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম সিলিকেট ও ফসফরাস পেন্টোক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$Ca_3(PO_4)_2 + 3SiO_2 = 3CaSiO_3 + P_2O_5$$

আরও উচ্চ তাপমাত্রায় (1500°C) পরে ফসফরাস পেন্টোক্সাইড কার্বন দ্বারা ফসফরাসে বিজারিত হয় এবং কার্বন মনোক্সাইড তৈরী হয়।

$$2P_2O_5 + 10C = P_4 + 10\ CO.$$

একটি অগ্নিসহ ইষ্টক নির্মিত বৈদ্যুতিক চুল্লীতে এই বিক্রিয়া ঘটানো হয়। চুল্লীর নীচের দিকে থাকে কার্বনের মোটা দুইটি তড়িৎদ্বার। ইহাদের মধ্য দিয়াই তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ বা আর্ক দ্বারা উচ্চ তাপমাত্রা সৃষ্টি করা হয়। চুল্লীর উপরে একপাশে একটি চোঙ্ (Hopper) আছে; বিশেষ ধরণের স্ক্রু ব্যবস্থার দ্বারা ইহার মধ্য দিয়া রাসায়নিক উপকরণ চুল্লীতে প্রবেশ করানো হয়। চুল্লীর উপরের দিকে একপাশে ফসফরাসের বাষ্প ও কার্বন মনোক্সাইড নির্গমনের একটি পথ আছে এবং নীচের দিকে ক্যালসিয়াম সিলিকেট ইত্যাদি অপসারণের জন্যও একটি সরু নির্গম পথ আছে। খনিজ ক্যালসিয়াম ফসফেট চূর্ণ বা অস্থি ভস্ম, সিলিকা ও কোকের মিশ্রণ 'হোপার' বা চোঙ দিয়া প্রবেশ করানোর পর তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ দ্বারা 1500°C তাপাঙ্কে উত্তপ্ত করা হয়।

চিত্র ২(৩৫)—তড়িৎ পদ্ধতিতে ফসফরাস উৎপাদন

উৎপন্ন ফসফরাস এই তাপমাত্রায় বাষ্পাকারে থাকে এবং কার্বন মনোক্সাইডসহ চুল্লীর উপরের নির্গম পথ দিয়া বাহির হয়। এই গ্যাস মিশ্রণকে ঠাণ্ডা জলের মধ্য

দিয়া প্রবাহিত করিলে ফসফরাস বাষ্প শীতল হইয়া ঘনীভূত হয় এবং জলের তলায় কঠিনরূপে জমা হয়। কার্বন মনোক্সাইড গ্যাসরূপে বাহির হইয়া যায়।

বিক্রিয়া-জাত ক্যালসিয়াম সিলিকেট চুল্লীর উষ্ণতায় গলিয়া অন্যান্য অপ্রয়োজনীয় পদার্থসহ ধাতুমলের সৃষ্টি করতঃ নীচে জমা হয়। চুল্লীর তলদেশে অবস্থিত নির্গম পথে এই ধাতুমল বাহির করা হয়।

এইভাবে প্রাপ্ত ফসফরাস বিশুদ্ধ নহে। অবিশুদ্ধ ফসফরাসকে গরম জলে গলাইয়া বালু প্রভৃতি হইতে পৃথক করা হয় এবং পরে ক্রোমিক অ্যাসিড দ্রবণে ($K_2Cr_2O_7$ এবং H_2SO_4) রাখিয়া নাড়িতে হয়। ফসফরাসের অশুদ্ধিগুলি ক্রোমিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত হইয়া আংশিক ভাবে দ্রবীভূত হয় এবং কিছুটা সরের ন্যায় ভাসিয়া উঠে। অতঃপর শ্যাময় চামড়ার (Chamois leather) বা ক্যানভাস সাহায্যে জলের নীচে গলানো অবস্থায় ফসফরাস চাপ দ্বারা ফিলটার করা হয় এবং শীতল কাচের টিউবে ভরিয়া ছোট ছোট দণ্ডের আকারে ঢালাই করা হয়।

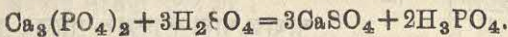
এই ফসফরাস স্বাভাবিক তাপমাত্রায় বায়ুর সংস্পর্শে আসিলেই স্বতঃস্ফূর্ত ভাবে জারিত হয় বলিয়া ইহাকে সর্বদা জলের নীচে রাখা হয়।

(খ) অস্থিভস্ম হইতে রিটর্ট পদ্ধতিতে ফসফরাস প্রস্তুতি :

অস্থিভস্ম : প্রাণিজ অস্থিতে প্রায় 50% ফসফরাস ক্যালসিয়াম ফসফেটরূপে থাকে। ইহা ব্যতীত অস্থিতে জিলাটিন, চর্বি, নাইট্রোজেনঘটিত যৌগ, সামান্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট ও কার্বন থাকে।

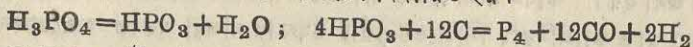
অস্থিগুলিকে খুব ছোট ছোট আকারে টুকরা করিয়া জল দিয়া ফুটাইয়া পরিস্রুত করা হয়। পরে কার্বন ডাই-সালফাইড বা কার্বন টেট্রাক্লোরাইড দ্রাবকের সাহায্যে চর্বি জাতীয় পদার্থ অপসারণ করা হয়। অস্থিটুকরাগুলি অতিতপ্ত স্টীমে উত্তপ্ত করিয়া আঠা ও জিলাটিন জাতীয় জৈব পদার্থ হইতে বিমুক্ত করার পর বায়ুহীন আবদ্ধ লৌহ-পাত্রে অন্তর্ধূম পাতন করা হয়। ইহাতে অনুদ্বায়ী অংশরূপে যে কালো চূর্ণ পাওয়া যায় তাহাকেই বলা হয় প্রাণিজ অঙ্গার, অস্থি অঙ্গার বা বোন ব্ল্যাক (animal charcoal, bone charcoal or bone black)। ইহা কার্বন ও ক্যালসিয়াম ফসফেটের মিশ্রণ। অস্থি অঙ্গারকে বাতাসে ভস্মীভূত করিলে যে শ্বেতাভ ভস্ম পাওয়া যায় ইহাই অস্থি ভস্ম (bone ash)। ইহাতে 80% ক্যালসিয়াম ফসফেট আছে।

বিচূর্ণ অস্থিভস্ম ও সালফিউরিক অ্যাসিড (60%) মিশ্রণ উত্তপ্ত করিলে ফসফরিক অ্যাসিড ও অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়।

$$Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 = 3CaSO_4 + 2H_3PO_4.$$

ফিলটার করিয়া ক্যালসিয়াম সালফেটকে পৃথক করার পর ফসফরিক অ্যাসিড দ্রবণকে ক্রমাগত বাষ্পীকরণ দ্বারা গাঢ় (সিরাপের ন্যায়) করা হয়।

এই গাঢ় অ্যাসিডে চারকোল চূর্ণ মিশাইয়া লোহার কড়াইতে সম্পূর্ণ শুষ্ক করা হয়। এই শুষ্ক অবশেষ একটি অগ্নিসহ মৃত্তিকার রিটর্টে লইয়া তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়। রিটর্টের মুখটি জলের তলায় রাখা হয়।

উত্তাপে ফসফরিক অ্যাসিড প্রথমে বিযোজিত হইয়া মেটাফসফরিক অ্যাসিড গঠন করে, যাহা পরে চারকোল দ্বারা ফসফরাসে বিজারিত হয়।

$H_3PO_4 = HPO_3 + H_2O$; $4HPO_3 + 12C = P_4 + 12CO + 2H_2$

ফসফরাস, হাইড্রোজেন ও কার্বন মনোক্সাইড তিনটি বিক্রিয়াজাত পদার্থই এই তাপমাত্রায় গ্যাসীয় আকারে নির্গত হয়। এই গ্যাস মিশ্রণ জলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে ফসফরাস বাষ্প শীতল জলের সংস্পর্শে জমিয়া কঠিনরূপে জলের তলায় সংগৃহীত হয়। কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেন গ্যাসরূপেই বাহির হইয়া যায়।

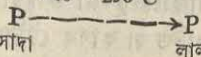
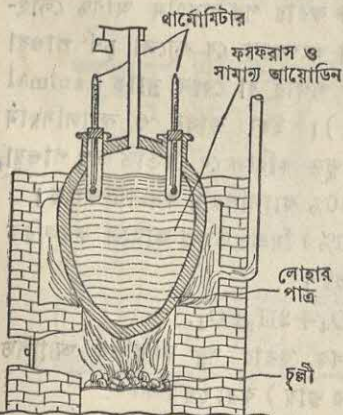
পূর্বেই বলা হইয়াছে এই পদ্ধতির প্রচলন বর্তমানে বিশেষ নাই।

ফসফরাসের বহুরূপতা (Allotropic modification of Phosphorus) :

ফসফরাস একটি বহুরূপী মৌল। ইহার কয়েকটি রূপভেদ আছে। উহাদের মধ্যে **সাদা ও লাল ফসফরাসই প্রধান রূপভেদ।** এই দুই প্রকারের ফসফরাসের মধ্যে উল্লেখযোগ্য অবস্থাগত ধর্মের পার্থক্যসহ কয়েকটি রাসায়নিক ধর্মেও বৈষম্য দেখা যায়।

আধুনিক তড়িৎ পদ্ধতি বা পুরাতন রিটর্ট পদ্ধতিতে যে ফসফরাস প্রস্তুত হয় তাহা সাদা ফসফরাস।

সাদা ফসফরাস হইতে লাল ফসফরাস প্রস্তুতি : সাদা ফসফরাসকে বায়ুশূন্য পাত্রে নিষ্ক্রিয় কার্বন ডাই-অক্সাইড বা নাইট্রোজেন গ্যাসে সামান্য আয়োডিনের উপস্থিতিতে 240°C – 250°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে উহা লাল ফসফরাসে রূপান্তরিত হয়। আয়োডিন প্রভাবকের কাজ করে।

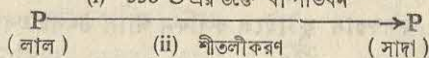
$$\underset{\text{সাদা}}{P} \xrightarrow{240^\circ - 250^\circ C} \underset{\text{লাল}}{P}$$

একটি আবদ্ধ কাস্ট আয়রনের পাত্রে সামান্য আয়োডিনসহ সাদা ফসফরাস রাখা হয়। পাত্রটি কার্বন ডাই-অক্সাইড বা নাইট্রোজেন গ্যাস দ্বারা পূর্ণ থাকে। উষ্ণতা জানার জন্য লৌহপাত্রসংলগ্ন দুইটি গর্তে থার্মোমিটার বসানো হয়। দুই মুখ খোলা সেফ্‌টি বালব যুক্ত একটি লম্বা নল লৌহপাত্রে আটকানো থাকে। পাত্রটি চুল্লীতে 240° – 250°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে সাদা ফসফরাস লাল ফসফরাসে পরিবর্তিত হয়। সামান্য সাদা ফসফরাস পাত্রের অল্প বায়ুতে অক্সাইডে জারিত হইতে পারে এবং লাল ফসফরাসের সহিত সামান্য সাদা ফসফরাস অপরিবর্তিত অবস্থায় মিশ্রিত থাকে। অতঃপর উৎপন্ন লাল ফসফরাসকে চূর্ণ করিয়া ঘন কষ্টিক

চিত্র ২(৩৬)—লাল ফসফরাসের প্রস্তুতি

সোডা দ্রবণের সহিত ফুটাইলে সাদা ফসফরাস বিক্রিয়া করিয়া ফসফিন গ্যাস উৎপন্ন

করে এবং অবশিষ্ট দ্রবণে চলিয়া যায়। অবিকৃত লাল ফসফরাস ফিলটার করিয়া উহাকে উষ্ণ জল দ্বারা ধুইয়া ষ্টীমে শুষ্ক করা হয়।

বায়ুতে স্বতঃস্ফূর্তভাবে জারিত হয় না বলিয়া লাল ফসফরাস জলের নীচে রাখার প্রয়োজন হয় না। সাদা ফসফরাসকে উন্মুক্ত বায়ুতে রাখিয়া দিলেও উহা ধীরে ধীরে লাল ফসফরাসে রূপান্তরিত হওয়ার প্রবণতা দেখায়। আবার ইহার মধ্যে ধীরে ধীরে তড়িৎক্ষরণ করিলেও এই রূপান্তর ঘটে।

লাল ফসফরাস হইতে সাদা ফসফরাস প্রস্তুতি : কার্বন ডাই-অক্সাইডের ন্যায় কোন নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরিবেশে লাল ফসফরাসকে 550°C অপেক্ষা অধিকতর তাপাঙ্কে বাষ্পীভূত করিয়া শীতল করিলে উহা সাদা ফসফরাসে পরিবর্তিত হয়।

$$\underset{(\text{লাল})}{P} \xrightarrow[\text{(ii) শীতলীকরণ}]{\text{(i) 550°C এর উর্ধ্বে বাষ্পীভবন}} \underset{(\text{সাদা})}{P}$$

সাদা ফসফরাসের ধর্ম—ভৌত : (১) ইহা সাদা বা পীতাভ, কেলাসাকার কঠিন পদার্থ। ইহা মোমের ন্যায় নরম এবং সহজেই ছুরি দ্বারা কাটা যায়। (২) ইহা কাঁচা রসুনের ন্যায় গন্ধ বিশিষ্ট। (৩) ইহার গলনাঙ্ক 44°C মাত্র। ইহা জল অপেক্ষা ভারী (আপেক্ষিক গুরুত্ব 1.84)। ইহা জলে অদ্রাব্য কিন্তু কার্বন ডাই-সালফাইড, অ্যালকোহল, বেঞ্জিন, ক্লোরোফোর্ম, তার্পিন ও ওলিভ তেল প্রভৃতি জৈব দ্রাবকে দ্রাব্য। (৫) ইহা তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবাহী নহে। (৬) কঠিন আকারে ও বাষ্পাকারে ইহার তীব্র বিষক্রিয়া আছে।

রাসায়নিক : (১) বাষ্পীয় ঘনত্ব হইতে দেখা যায় 1000°C পর্যন্ত ইহার অণু চতুঃপরমাণুক (P_4)।

(২) উত্তাপ প্রয়োগে ইহা লাল ফসফরাসে পরিণত হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড, নাইট্রোজেন প্রভৃতি নিষ্ক্রিয় গ্যাসের মধ্যে 250°C উষ্ণতায় এই পরিবর্তন প্রায় সম্পূর্ণ হয়। সাধারণ তাপমাত্রায় অক্সিজেন বা বাতাসে সাদা ফসফরাস সহজেই জারিত হইয়া ইহার বিভিন্ন অক্সাইড গঠন করে। এই স্বতঃজারণের সময় ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইডই বেশী হয় এবং সামান্য ওজোন উৎপন্ন হয়। এই রাসায়নিক ক্রিয়াকালে এক প্রকার শীতল সবুজাভ আলোক বিকীর্ণ হয়। স্পর্শ করিলেও এই আলোয় কোন তাপ অনুভূত হয় না। ইহাকে ফসফরাসের অনুপ্রভা (Phosphorescence) বলা হয়। অন্ধকারে ইহা উজ্জ্বলতর দেখায়। খুব অল্প পরিমাণ সাদা ফসফরাসের উপস্থিতিও এই আলোর বিকিরণ হইতে জানা যায়। বায়ুতে স্বতঃ জারিত হয় বলিয়াই প্রকৃতিতে ফসফরাস মুক্ত অবস্থায় পাওয়া সম্ভব নয়।

সাদা ফসফরাসকে বাতাসে সামান্য উত্তপ্ত করিলেই 35°C তাপমাত্রায় উহা জ্বলিয়া উঠে এবং ফসফরাস পেণ্টোক্সাইডের বিষাক্ত ধূম সৃষ্টি হয়। $P_4+5O_2=2P_2O_5$

বিভিন্ন পরীক্ষায় দেখা গিয়াছে যে বায়ুর চাপ হ্রাস করিলে অনুপ্রভা বৃদ্ধি পায়। অনুপ্রভা সৃষ্টির জন্য বাতাসে কিঞ্চিৎ জলীয় বাষ্পের প্রয়োজন। অনেকের মতে ফসফরাস স্বতঃস্ফূর্ত জারণকালে যে কিঞ্চিৎ পরিমাণ ওজোন উৎপন্ন করে তাহা অনুপ্রভা সৃষ্টির জন্য অনেকাংশে দায়ী।

(৪) ক্লোরিন, ব্রোমিন, আয়োডিন প্রভৃতির সংস্পর্শে ইহা স্বতঃস্ফূর্ত ভাবে জলিয়া উঠে এবং তাপ ও আলোর বিকিরণ সহ যথাক্রমে ক্লোরাইড, ব্রোমাইড ও আয়োডাইড যৌগ গঠন করে। $P_4+6Cl_2=4PCl_3$; $P_4+10Cl_2=4PCl_5$,

$P_4+6Br_2=4PBr_3$; $P_4+10Br_2=4PBr_5$; $P_4+6I_2=4PI_3$.

সাদা ফসফরাস সালফারের সহিত সংযোগে সালফাইড এবং উচ্চ ইলেকট্রোপজিটিভ ধাতুর সহিত সংযোগে ফসফাইড উৎপন্ন করে।

$2P+5S = P_2S_5$ (ফসফরাস পেণ্টাসালফাইড) ; $3Na+P = Na_3P$ (সোডিয়াম ফসফাইড) ; $3Ca+2P = Ca_3P_2$ (ক্যালসিয়াম ফসফাইড)

(৫) কষ্টিক সোডা (বা কষ্টিক পটাস, বেরিয়াম হাইড্রোক্সাইড প্রভৃতি তীব্র ক্ষার) দ্রবণের সহিত সাদা ফসফরাস ফুটাইলে ফসফিন গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং দ্রবণে হাইপো-ফসফাইট লবণ গঠিত হয়।

$4P+3NaOH+3H_2O = PH_3 + 3NaH_2PO_2$

(ফসফিন) (সোডিয়াম হাইপো ফসফাইট)

লাল ফসফরাসে সামান্য সাদা ফসফরাস উপস্থিত থাকিলে এই বিক্রিয়া সাহায্যেই লাল ফসফরাসকে সাদা ফসফরাস হইতে মুক্ত করা হয়। লাল ফসফরাস এইরূপে ক্ষারের সহিত ক্রিয়াহীন।

(৬) (অ) সাদা ফসফরাস বিজারক দ্রব্য রূপে কাজ করে। ইহা উষ্ণ, ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডকে নাইট্রোজেনের অক্সাইডে (যথা নাইট্রিক অক্সাইড, নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড) বিজারিত করে এবং নিজে ফসফোরিক অ্যাসিডে জারিত হয়। এই বিক্রিয়ায় নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডের বাদামী গ্যাস নির্গত হইতে দেখা যায়।

$4P+10HNO_3+H_2O = 4H_3PO_4+5NO+5NO_2$.

(আ) কপার, সিলভার, গোল্ড প্রভৃতি ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণে সাদা ফসফরাস যোগ করিলে লবণ হইতে ঐ সকল ধাতু অধঃক্ষিপ্ত হইতে দেখা যায়। সাদা ফসফরাস শীতল কপার সালফেটের দ্রবণ হইতে ধাতব কপার অধঃক্ষিপ্ত করে।

$2P+5CuSO_4+8H_2O = 5Cu+2H_3PO_4+5H_2SO_4$

দ্রষ্টব্য : (১) সাদা ফসফরাস সহজদাহ্য পদার্থ বলিয়া উহাকে জলের নীচে রাখিতে হয় এবং বিষাক্ত পদার্থ বলিয়া ইহা নাড়াচাড়ার সময় বিশেষ সাবধানতা অবলম্বন করা দরকার। ইহাকে জলের নীচে রাখিয়াই সাবধানে কাটিতে হয়।

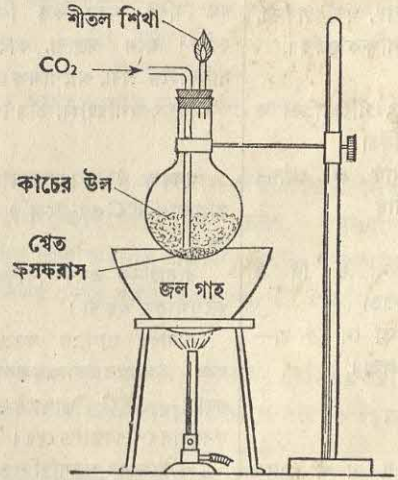
(২) আকস্মিকভাবে ফসফরাস হাতে পড়িলে তৎক্ষণাৎ কপার সালফেট দ্রবণ দিয়া হাত পরিষ্কার করিতে হয়।

পরীক্ষার সাহায্যে সাদা ফসফরাসের কয়েকটি ধর্মের প্রমাণ :

(১) **শীতল শিখা** (Cold flame) : সমকোণে বাঁকানো একটি লম্বা কাচনল এবং একটি ছোট নলযুক্ত গোলতল ফ্লাস্কে কয়েক টুকরা সাদা ফসফরাস রাখিয়া উহা কাচের উল দিয়া ঢাকিয়া দেওয়া হয়। লম্বা বাঁকানো নল ফ্লাস্কের কাচের উলের তলা পর্যন্ত ঢুকানো থাকে এবং ছোট নলটি থাকে ইহার অনেক উপরে। অতঃপর বাঁকানো নল দ্বারা নিষ্ক্রিয় কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস প্রবেশ করানো হয়, ফলে ফ্লাস্কের বায়ু বাহির

হইয়া উহা কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে পূর্ণ হয়। ফ্লাস্কটি জলগাহে সামান্য উত্তপ্ত করিলে দেখা যায় কার্বন-ডাই-অক্সাইডের সঙ্গে ফসফরাসের বাষ্প ছোট নল দিয়া বায়ুর সংস্পর্শে আসিয়া একটি সবুজাভ আলোকশিখায় জ্বলিতে থাকে। এই শিখা উত্তাপহীন, হাত দিয়া স্পর্শ করিলেও কোন তাপ অনুভূত হয় না। ইহাতে কাগজের টুকরা বা দিয়াশলাইয়ের কাঠিও জ্বলে না। ইহাকে বলা হয় শীতল শিখা।

চিত্র ২(৩৭)—শীতল শিখা

(২) **শীতল আগুন** (Cold fire) : (অ) একটি জলভরা ফ্লাস্কে জলের নীচে একটুকরা সাদাফসফরাস রাখিয়া উহার পাশেই অল্প পটাসিয়াম ক্লোরেট রাখা হয়। অতঃপর দীর্ঘনাল ফানেলের সাহায্যে উহাদের উপর সাবধানে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালিলে দেখা যায় জলের নীচেই ফসফরাস স্ফুলিঙ্গ সহ জ্বলিয়া উঠে।

(আ) একটি মোটা টেষ্ট টিউবে জলের মধ্যে সাদা ফসফরাস রাখিয়া টেষ্ট টিউবটি একটি জলপূর্ণ বীকারে বসাইয়া 60° উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। ইহাতে ফসফরাস জলের নীচে গলিয়া যায়। একটি বাঁকানো নল দিয়া ঐ গলিত ফসফরাসে অক্সিজেন প্রবাহিত করিলে ফসফরাস জলের নীচে জ্বলিতে থাকে।

লাল ফসফরাসের ধর্ম—ভৌত : (১) ইহা লাল বর্ণের গন্ধহীন, অনিয়তাকার কঠিন পদার্থ। (২) ইহার কোন নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক নাই, তবে 590°C-এর ঊর্ধ্ব তাপমাত্রায় ইহা নরম হইতে থাকে। উষ্ণতা আরো বাড়াইলে পাতিত হইয়া ইহা সাদা ফসফরাসে রূপান্তরিত হয়। ইহার আপেক্ষিক ঘনত্ব 2·2। (৩) ইহা জল বা কার্বন ডাই-সালফাইডের ন্যায় জৈব দ্রাবকেও অদ্রাব্য। (৪) ইহা সামান্য বিদ্যুৎ পরিবাহী। ইহার কোন বিষক্রিয়া নাই।

রাসায়নিক : (১) অক্সিজেন বা বাতাসে সহজে জারিত হয় না। ইহা অনুপ্রভ নহে। 260°C-এর ঊর্ধ্ব তাপাঙ্কে অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া ফসফরাস পেন্টোক্সাইড গঠন করে। (২) ক্লোরিন, ব্রোমিন, আয়োডিনের সহিত ধীরে ধীরে বিক্রিয়া হয়। ক্লোরিনের সহিত উত্তপ্ত করিলে ট্রাই ও পেন্টাক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

(৩) তীব্র ক্ষারের সহিত ইহা বিক্রিয়া করে না।

(৪) গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে উত্তপ্ত করিলে নাইট্রিক অ্যাসিড বিজারিত হইয়া নাইট্রোজেনের অক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং লাল ফসফরাস যথারীতি ফসফরিক অ্যাসিডে জারিত হয়।

সাদা ও লাল ফসফরাসের বিভিন্ন ধর্মের তুলনা

ধর্ম	শ্বেত (সাদা) ফসফরাস	লোহিত (লাল) ফসফরাস
ভৌত : বর্ণ, আকার, গন্ধ, দ্রাব্যতা, আপেক্ষিক গুরুত্ব।	প্রায় বর্ণহীন, (ঈষৎপীতাভ) রসুনের গন্ধ বিশিষ্ট, নরম কিন্তু নিয়তাকার কঠিন। জলে অদ্রাব্য, কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রাব্য, আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·8	লাল বর্ণের, অনিয়তাকার, গন্ধহীন, কঠিন। জলে ও কার্বন ডাই-সালফাইডে অদ্রাব্য। সাদা ফসফরাস অপেক্ষা ভারী। আপেক্ষিক গুরুত্ব 2·2।
বিদ্যুৎ পরিবাহিতা ও বিষক্রিয়া	বিদ্যুৎ-অপরিবাহী, তীব্র বিষ।	ঈষৎ বিদ্যুৎ-পরিবাহী, বিষাক্ত নয়।
গলনাঙ্ক ও প্রজ্বলন তাপাঙ্ক	গলনাঙ্ক 44°C। বাতাসে নিম্ন তাপাঙ্কে (30°C-এর ঊর্ধ্বে) প্রজ্বলিত হয়।	নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক নাই। উচ্চ তাপাঙ্কে (260°C) প্রজ্বলিত হয়।
রাসায়নিক সক্রিয়তা	রাসায়নিক ভাবে বিশেষ সক্রিয়, অপেক্ষাকৃত অস্থায়ী।	সাদা ফসফরাস অপেক্ষা কম সক্রিয়, স্থায়ী।
বাতাসে ক্রিয়া—অনুপ্রভা।	সাধারণ তাপাঙ্কে স্বতঃদহন সুরু হয়। অন্ধকারে ইহা অনুপ্রভা বিকিরণ করে। 35°C তাপাঙ্কে জ্বলিয়া ফসফরাস পেন্টোক্সাইড দেয়।	সাধারণ তাপাঙ্কে জারিত হয় না। অনুপ্রভ নহে। বায়ুতে 260°C তাপাঙ্কে উত্তপ্ত করিলে ফসফরাস পেন্টোক্সাইড গঠন করে।
বায়ুবদ্ধ পাত্রে উত্তাপ প্রয়োগ।	অক্সিজেনের অনুপস্থিতিতে বায়ুরুদ্ধ পাত্রে 250°C তাপমাত্রায় লাল ফসফরাসে পরিবর্তিত হয়।	550°C তাপমাত্রায় পাতিত করিলে সাদা ফসফরাসে পরিণত হয়।
ক্লোরিনের সহিত ক্রিয়া।	স্বতস্ফূর্তভাবে জ্বলিয়া ফসফরাস ট্রাই ও পেন্টা ক্লোরাইড গঠন করে।	উত্তপ্ত অবস্থায় ক্লোরিনের সহিত মিলনে ফসফরাস ট্রাই ও পেন্টা-ক্লোরাইড গঠন করে।
উষ্ণ NaOH দ্রবণ (KOH)	ফসফিন গ্যাস দেয় এবং দ্রবণে হাইপো ফসফাইট লবণ উৎপন্ন হয়।	বিক্রিয়া করে না।
উষ্ণ ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড।	বিস্ফোরণ সহ বিক্রিয়া ঘটিয়া ফসফরিক অ্যাসিড এবং নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।	অপেক্ষাকৃত ধীরে বিক্রিয়া ঘটে বিক্রিয়াজাত পদার্থ একই।

সাদা ও লাল ফসফরাস যে একই মৌলের বিভিন্ন রূপভেদ তাহার প্রমাণ :

(১) একটি নির্দিষ্ট ওজনের সাদা ও লাল ফসফরাসকে পৃথক ভাবে অতিরিক্ত পরিমাণ বিশুদ্ধ, শুষ্ক, অক্সিজেনে উত্তপ্ত করিলে উভয় ক্ষেত্রেই ফসফরাস পেন্টোক্সাইড গঠিত হয়। এইভাবে উৎপন্ন অক্সাইড ধর্মে ও ওজনে একই। $4P + 5O_2 = 2P_2O_5$

(২) নির্দিষ্ট পরিমাণ সাদা ফসফরাসকে সামান্য আয়োডিন সহযোগে নাইট্রোজেন বা কার্বন-ডাই-অক্সাইডের ন্যায় নিষ্ক্রিয় গ্যাসের মধ্যে 250°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে লাল ফসফরাসে পরিণত হয়। এইভাবে উৎপন্ন লাল ফসফরাসের ওজনে এবং উত্তাপ প্রয়োগের পূর্বে লওয়া সাদা ফসফরাসের ওজনে কোন তারতম্য হয় না। আবার এই

লাল ফসফরাসকে 550°C তাপমাত্রায় কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের মাধ্যমে উত্তপ্ত করিয়া তাড়াতাড়ি শীতল করিলে উহা হইতে সম পরিমাণে সাদা ফসফরাস পাওয়া

$$x \text{ গ্রাম সাদা ফসফরাস} \xrightarrow[\text{CO}_2 \text{ অথবা N}_2 \text{ গ্যাস (250°C)}]{\text{সামান্য I}_2} x \text{ গ্রাম লাল ফসফরাস} \xrightarrow[\text{(২) তাড়াতাড়ি শীতল করিয়া}]{\text{(১) 550°C, CO}_2 \text{ গ্যাসে বাষ্পীভূত করিয়া}} x \text{ গ্রাম সাদা ফসফরাস}$$

যায়। উপরের পরীক্ষা দুইটি প্রমাণ করে যে সাদা ও লাল ফসফরাস একই মৌলের ভিন্ন ভিন্ন রূপ মাত্র।

ব্যবহার : (১) সাদা ফসফরাস বিশেষভাবে লাল ফসফরাস প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম হাইপোফসাইট লবণ, ফসফরাস পেন্টোক্সাইড, ফসফরাস ট্রাই ও পেন্টাক্লোরাইড প্রভৃতি যৌগ প্রস্তুতিতে সাদা ফসফরাস প্রয়োজন। ইহা ছাড়া শক্ত, মরিচারোধী ফসফর ব্রোঞ্জ সঙ্কর (Cu, Sn, P) প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

(২) যুদ্ধের সময় ধূম্রজাল সৃষ্টিতে (Smoke screen), আগুনে বোমা তৈরী করিতে এবং যুদ্ধে ব্যবহৃত বিশেষ ধরনের বুলেট প্রস্তুতিতে সাদা ফসফরাস লাগে। ইঁদুর মারার বিষাক্ত খাদ্যও ইহা দ্বারা প্রস্তুত হয়।

(৩) বর্তমানে লাল ফসফরাসের প্রধান ব্যবহার হয় দিয়াশলাই শিল্পে।

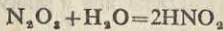
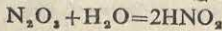
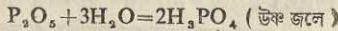
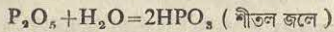
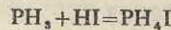
(৪) ল্যাবরেটরীতে হাইড্রোব্রোমিক ও হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে লাল ফসফরাস ব্যবহৃত হয়।

দ্রষ্টব্য : আমরা দৈনন্দিন প্রয়োজনে যে নিরাপদ দিয়াশলাই বা সেফটি ম্যাচ (safety match) ব্যবহার করি তাহার কাঠির মাথায় অ্যান্টিমনি সালফাইড (Sb_2S_3), পটাসিয়াম ক্লোরেট (বা পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট, রেডলেড) আঠার সাহায্যে শুকনোভাবে লাগানো থাকে। দিয়াশলাই-বাক্সের দুই পার্শ্বে লাগানো কাগজে লাল ফসফরাস, অ্যান্টিমনি সালফাইড, কাঁচের গুঁড়া আঠা দিয়া আটকানো থাকে। এই অমসৃণ কাগজে কাঠির মাথা ঘর্ষণের ফলে যে তাপ উদ্ভূত হয়, তাহাতে লাল ফসফরাস ও জারক দ্রব্যের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অগ্নি-স্ফুলিঙ্গ সৃষ্টি হয় এবং অ্যান্টিমনি সালফাইডের সালফার জ্বলিয়া কাঠির মাথায় আগুন ধরাইয়া দেয়।

জ্বলন্ত কাঠিটি নির্বাপিত করার সঙ্গেই যাহাতে আগুন নিভিয়া যায় সেইজন্য কাঠিটিকে অনেক সময় বোরাক্স দ্বারা প্রলেপ দেওয়া হয়।

নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের ধর্মের তুলনা : নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের রাসায়নিক ধর্মে অনেক সাদৃশ্য দেখা যায় বলিয়া ইহাদের একই পরিবারভুক্ত বলিয়া গণ্য করা হয়।

নাইট্রোজেন (পাঃ গুরুত্ব 14)	**ফসফরাস** (পাঃ গুরুত্ব 31)
(i) ইহা একটি অধাতব মৌল। সাধারণ অবস্থায় গ্যাসীয়, প্রকৃতিতে মৌল অবস্থায় বিদ্যমান। সাধারণ অবস্থায় অণুগুলি দ্বিপরমাণুক (N_2)। কোন বিষক্রিয়া বা অনুপ্রভা নাই।	(i) অধাতব মৌল। সাধারণ অবস্থায় কঠিন, কেবলমাত্র যৌগ-অবস্থায় প্রকৃতিতে বিদ্যমান। সাধারণ তাপাঙ্কে অণুগুলি চতুঃপরমাণুক (P_4). সাদা ফসফরাস বিষাক্ত, অনুপ্রভা দেখায়।

নাইট্রোজেন (পাঃ গুরুত্ব 14)	**ফসফরাস** (পাঃ গুরুত্ব 31)
(ii) বহুরূপী মৌল। সক্রিয় নাইট্রোজেন (active nitrogen) নামে অপর রূপভেদ সাধারণ তাপমাত্রায় গ্যাসীয় পদার্থ।	(ii) বহুরূপী মৌল। প্রধান রূপভেদ সাদা ও লাল ফসফরাস। ইহা ছাড়াও বেগুনী, রক্তিম, কালো ফসফরাস ইত্যাদি রূপভেদ আছে। তবে সব রূপভেদই কঠিন।
(iii) রাসায়নিক ভাবে সক্রিয় নহে। দাহ্য নহে, দহনের সহায়কও নহে।	(iii) রাসায়নিকভাবে খুব সক্রিয়। সাদা ফসফরাস সাধারণ তাপমাত্রায়ই দাহ্য। ক্লোরিন ইত্যাদির সংস্পর্শ মাত্রেই জ্বলিয়া উঠে।
(iv) একাধিক যোজ্যতা আছে। প্রধান যোজ্যতা 3 এবং 5। যেমন N_2O_3, NH_3 NCl_3, ইত্যাদি যৌগে নাইট্রোজেন ত্রি-যোজী ; আবার NH_4Cl,NH_4Br,N_2O_5 ইত্যাদি যৌগে পঞ্চযোজী নাইট্রোজেন বিদ্যমান।	(iv) একাধিক যোজন ক্ষমতা আছে। প্রধান যোজ্যতা 3 এবং 5। P_2O_3, PCl_3, PH_3, ইত্যাদি যৌগে ফসফরাস ত্রি-যোজী ; আবার PH_4I PH_4Cl,P_2O_5,PCl_5 ইত্যাদি যৌগে ফসফরাসের যোজ্যতা 5।
(v) উচ্চ তাপাঙ্কে অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয়। $N_2+O_2 \xrightarrow{300°C} 2NO.$ অনেকগুলি অক্সাইড জানা আছে। যেমন নাইট্রাস অক্সাইড (N_2O), নাইট্রিক অক্সাইড, (NO), নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড (N_2O_3) নাইট্রোজেন টেট্রোক্সাইড (N_2O_4) এবং নাইট্রোজেনপেন্টোক্সাইড (N_2O_5)। উহাদের মধ্যে কয়েকটি অ্যাসিডধর্মী অক্সাইড শীতল জলের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যাসিড গঠন করে। $N_2O_3+H_2O=2HNO_2$ নাইট্রাস অ্যাসিড $N_2O_3+H_2O=2HNO_2$	(v) সাদা ফসফরাস অতি সহজেই অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয়। $P_4+5O_2 \xrightarrow{35°C} 2P_2O_5$. ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড, (P_2O_3) ফসফরাস পেন্টোক্সাইড (P_2O_5) ফসফরাস টেট্রোক্সাইড (P_2O_4) জানা আছে। P_2O_3, P_2O_5 অ্যাসিডধর্মী অক্সাইড, জলের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যাসিড দেয়। $P_2O_3+3H_2O=2H_3PO_3$ (শীতল জলে) $P_2O_5+H_2O=2HPO_3$ (শীতল জলে) $P_2O_5+3H_2O=2H_3PO_4$ (উষ্ণ জলে)
(vi) একাধিক হাইড্রাইড গঠন করে। প্রধান হাইড্রোজেন যৌগ অ্যামোনিয়া (NH_3) বর্ণহীন, ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত, ইহার জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী।	(vi) একাধিক হাইড্রাইড গঠন করে। প্রধান হাইড্রোজেন যৌগ ফসফিন (PH_3), বর্ণহীন, পচামাছের গন্ধযুক্ত গ্যাস, জলে প্রায় অদ্রাব্য। অত্যন্ত মৃদু ক্ষার। ফসফোনিয়াম যৌগে ক্ষারধর্মিতা প্রকাশ পায়। $PH_3+HI=PH_4I$ ফসফোনিয়াম আয়োডাইড
(vii) ক্লোরিনের সঙ্গে NCl_3 যৌগ গঠন করে। ইহা বিস্ফোরক ও অস্থায়ী তরল। জলীয়-দ্রবণ আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়। $NCl_3+3H_2O=NH_3+2HOCl$ হাইপোক্লোরাস্ অ্যাসিড NCl_5 সঙ্কেতের কোন যৌগ জানা নাই।	(vii) অপেক্ষাকৃত স্থায়ী ক্লোরিন যৌগ PCl_3, PCl_5 গঠন করে যাহা জলের সংস্পর্শে বিশ্লেষিত হয়। $PCl_3+3H_2O=3HCl+H_3PO_3$ $PCl_5+4H_2O=5HCl+H_3PO_4$
(viii) ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতি ধাতুর সঙ্গে উচ্চ তাপাঙ্কে বিক্রিয়ায় নাইট্রাইড যৌগ	(viii) ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতি ধাতুর সঙ্গে উচ্চ তাপাঙ্কে বিক্রিয়ায় ফসফাইড যৌগ

নাইট্রোজেন (পাঃ গুরুত্ব 14)	ফসফরাস (পাঃ গুরুত্ব 31)
গঠিত হয়। নাইট্রাইড যৌগ তপ্ত জলীয় দ্রবণে আর্দ্র বিশ্লেষিত হইয়া অ্যামোনিয়া দেয়। $3Ca+N_2=Ca_3N_2$ $Ca_3N_2+6H_2O=3Ca(OH)_2+2NH_3$ (ix) ক্লোরিন, আয়োডিন ইত্যাদির সহিত প্রত্যক্ষ বিক্রিয়া নাই। সালফার, ক্ষার, ঘন ও উষ্ণ নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ইহার ক্রিয়া নাই।	গঠিত হয়। ফসফাইড যৌগ তপ্ত জলীয় দ্রবণে আর্দ্র বিশ্লেষিত হইয়া ফসফিন দেয়। $6Ca+P_4=2Ca_3P_2$ $Ca_3P_2+6H_2O=3Ca(OH)_2+2PH_3$ (ix) ফসফরাস আয়োডিনে জ্বলিয়া PI_3 গঠন করে। সালফারের সহিত বিভিন্ন অবস্থায় বিভিন্ন সালফাইড যৌগ দেয়। ক্ষার এবং ঘন উষ্ণ নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় যথাক্রমে ফসফিন ও ফসফরিক অ্যাসিড দেয়।

সালফার

(চিহ্ন S, পারমাণবিক গুরুত্ব 32·06)

সালফার যে একটি মৌলিক পদার্থ ইহা 1774 খ্রীষ্টাব্দে বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার প্রথম প্রমাণ করেন। অতি প্রাচীনকালেও সালফারের অস্তিত্ব এবং ইহার ব্যবহার মানবসমাজে পরিচিত ছিল। আমাদের দেশে হিন্দু সভ্যতার যুগেও সালফার (গন্ধক নামে) চিকিৎসাশাস্ত্রে এবং শিল্পে ব্যবহৃত হইত।

প্রকৃতিতে মৌল সালফার প্রচুর পাওয়া যায়। আবার ইহা বিভিন্ন ধাতব সালফাইড ও সালফেট খনিজরূপে যুক্তাবস্থায় প্রকৃতিতে পাওয়া যায়।

সালফার উৎপাদন : প্রকৃতিতে যে সালফার মৌলাবস্থায় আছে তাহা হইতেই সালফার উৎপাদন করিয়া বিশুদ্ধ করা হয়। আগ্নেয়গিরি অঞ্চলে যথা, সিসিলি ও জাপানে প্রচুর মৌল সালফার আছে। কিন্তু পৃথিবীর মধ্যে সর্ববৃহৎ সালফারের খনি আমেরিকার টেক্সাস ও লুসিয়ানা অঞ্চলে। পৃথিবীর মোট চাহিদার শতকরা 80 ভাগ মেটায় আমেরিকা।

প্রধানতঃ সিসিলি ও আমেরিকা এই দুই অঞ্চলের প্রাকৃতিক উৎস হইতে সালফার উৎপাদনের যে প্রচলিত পদ্ধতি আছে তাহা (১) সিসিলীয় পদ্ধতি, (২) আমেরিকান পদ্ধতি বা ফ্র্যাস পদ্ধতি। দুই পদ্ধতির মধ্যে বিশেষ পার্থক্য আছে। সিসিলীয় পদ্ধতিতে মাটির উপরকার সালফার উৎপাদন করা হয়, আর আমেরিকান পদ্ধতিতে মাটির নিচে অবস্থিত সালফারকেই উত্তোলন করা হয়।

সিসিলীয় পদ্ধতি (Sicilian process) **:** সিসিলিতে যে খনিজ সালফার মৌলাবস্থায় পাওয়া যায় তাহাতে বালি, মাটি, চুনাপাথর, জিপ্‌সাম ইত্যাদি অপদ্রব্য মিশ্রিত থাকে। বস্তুতঃ এই পাথুরে সালফারে সালফারের পরিমাণ 20% – 25% ভাগ মাত্র।

পাহাড়ের ঢালু গায়ে ইষ্টক-নির্মিত চুল্লীর মেঝেতে (যাহা ক্যালকারোনী, calcaroni নামেও পরিচিত) সালফার যুক্ত পাথরগুলি স্তূপীকৃতভাবে রাখা হয়। চুল্লীর

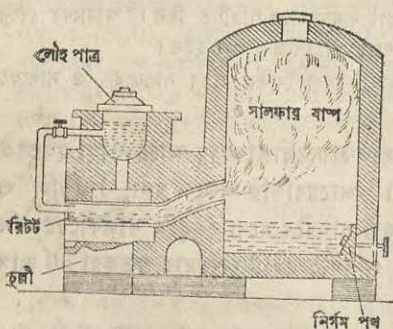
তলের মেঝে একদিকে ঢালু থাকে। এবার স্তূপের উপরের অংশে আগুন ধরাইয়া দেওয়া হয়। ফলে প্রায় $\frac{1}{3}$ অংশ সালফার পুড়িয়া সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসরূপে নির্গত হয়। বিক্রিয়াটি তাপ উৎপাদক। দেখা যায় যে উদ্ভূত তাপে সালফারের অবশিষ্টাংশ গলিয়া যায় এবং ঢালু মেঝে দিয়া গড়াইয়া নিম্নে একটি কাঠের চৌবাচ্চায় জমা হয়। এই সালফার অবিশুদ্ধ। ইহাতে শতকরা প্রায় 5 ভাগ মাটি এবং অন্যান্য অপদ্রব্য মিশ্রিত থাকে। ইহা ছাড়া এই পদ্ধতিতে সালফার পোড়ানোর ফলে যথেষ্ট সালফার অপচয় হয়। কিন্তু সিসিলিতে কাঠ, কয়লা প্রভৃতি জ্বালানি এত মহার্ঘ যে সালফার পুড়াইয়া ইন্ধন সমস্যার সমাধান সুবিধাজনক।

এই অবিশুদ্ধ সালফারকে পাতন দ্বারা শোধন করা হয়। জ্বালানীর অত্যধিক ব্যয়ের জন্য পাতনক্রিয়া ইটালীতে না করিয়া এই সালফারকে ফ্রান্সের মার্সাই (Marseilles) বন্দরে পাঠাইয়া বিশুদ্ধ করা হয়।

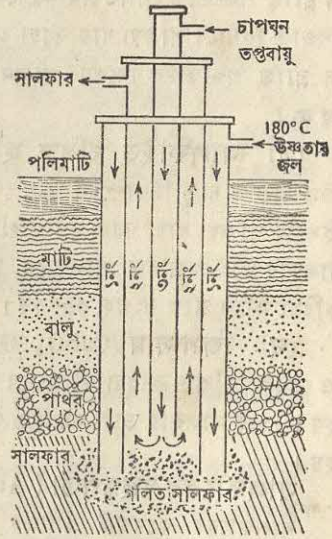
সালফার বিশোধন : অবিশুদ্ধ সালফার বড় লৌহ-পাত্রে গলাইয়া গলিত সালফার পাইপের মধ্য দিয়া চুল্লীর ভিতর রাখা লৌহ-নির্মিত রিটর্টে আনা হয়।

কয়লার আগুনে রিটর্ট তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়। তাপ প্রয়োগে তরল সালফার বাষ্পীভূত হইয়া একটি ইষ্টকনির্মিত বৃহৎ কক্ষে প্রবেশ করে এবং কক্ষের অপেক্ষাকৃত শীতল দেওয়ালে বাষ্পীয় সালফার হলুদ বর্ণের কঠিন গুঁড়া রূপে সঞ্চিত হয়। ইহাকে গন্ধক'রজ (Flower of sulphur) বলা হয়।

চিত্র২(৩৮)—সালফারবিশোধন

কিছুক্ষণ পর যখন দেওয়ালের উষ্ণতা বৃদ্ধি পায় (113°C), তখন এই বিশুদ্ধ পাতিত কঠিন সালফার তরলাকারে কক্ষের মেঝেতে জমা হয় এবং ইহাকে নির্গম নলের মাধ্যমে বাহিরে আনিয়া কাষ্ঠ-নির্মিত ছাঁচে ছোট বেলনাকৃতির কঠিন সালফারে বা রোল সালফারে (বাতি গন্ধক) পরিণত করা হয়।

সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ সালফার পাইতে হইলে রোল সালফারকে কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণ ফিলটার করা হয়। স্বচ্ছ পরিস্রুতকে বাষ্পায়িত করিলে উদ্বায়ী কার্বন ডাই-সালফাইড উবিয়া যায় এবং বিশুদ্ধ সালফার অবশেষ হিসাবে পাওয়া যায়। ইহা রম্বিক সালফার (Rhombic Sulphur)।

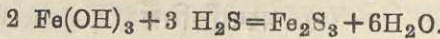
আমেরিকান পদ্ধতি বা ফ্র্যাস পদ্ধতি (American or Frasch Process) : আমেরিকায় ভূ-পৃষ্ঠ হইতে প্রায় ৮০০ ফুট নিচে মাটি, বালি, চুনাপাথর স্তরের নীচে মুক্ত অবস্থায় সালফার স্তর থাকে। এই পদ্ধতিতে একটি বিশেষ ব্যবস্থার সাহায্যে ভূগর্ভের এই সালফার তোলা হয়। বিভিন্ন ব্যাসের তিনটি সমকেন্দ্রিক (concentric) নল ভূ-পৃষ্ঠ হইতে মাটি, বালি ও চুনাপাথরের স্তর ভেদ করিয়া সালফারের স্তর

পর্যন্ত প্রবেশ করিয়া বসানো হয়। সর্ব বহিঃস্থ নল দিয়া (চিত্রে ১নং) প্রায় 180°C তাপমাত্রার অতি তপ্ত জল 10—18 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে পাম্পের সাহায্যে প্রবেশ করানো হয়। ফলে সালফারের কঠিন স্তর গলিয়া তরল হইয়া যায়। অতঃপর 35 গুণ বায়ুচাপে সর্ব মধ্যস্থ নল (চিত্রে ৩ নং) মাধ্যমে উত্তপ্ত বায়ুপ্রবাহ গলিত সালফারে বুদ্বুদ্ আকারে চালনা করা হয়। এই প্রবল বায়ুচাপে ও জলের সংস্পর্শে তরল সালফার ফেনায়িত হয় এবং বায়ুর সহিত মিশ্রিত এই ফেনা মধ্যবর্তী নল (চিত্রে ২ নং) দিয়া মাটির উপর উঠিয়া আসে। এই তরল সালফার কাঠের ছাঁচে ঢালাই করিয়া শীতল করিলে কঠিনাকার ধারণ করে। ইহা 99·6—99·8% বিশুদ্ধ সালফার।

চিত্র ২(৩৯) সালফার উৎপাদন— আমেরিকান পদ্ধতি

অন্যান্য উৎস হইতে উৎপাদন ঃ ভারতবর্ষের ন্যায় দেশে যেখানে মৌল সালফার নাই, সেখানে বিভিন্ন শিল্পজাত সালফারযৌগ হইতে সালফার উৎপাদন করার চেষ্টা হয়। নিম্নে এইরূপ প্রচলিত কয়েকটি পদ্ধতির আলোচনা করা হইল। (কোলগ্যাস প্রস্তুতি ও ধাতুগুলির নিষ্কাশন অধ্যয়নের পর এই অংশ বিশেষ ভাবে বোধগম্য হইবে।)

(ক) নিঃশেষিত আয়রন অক্সাইড (Spent oxide of iron) হইতে :

কয়লার অন্তর্ধূম পাতন প্রণালীতে যে কোলগ্যাস পাওয়া যায়, তাহাতে সামান্য হাইড্রোজেন সালফাইড অশুদ্ধি হিসাবে থাকে। হাইড্রোজেন সালফাইড শোষণ করার জন্য কোল গ্যাসকে আর্দ্র ফেরিক অক্সাইডের (ফেরিক হাইড্রোক্সাইড) উপর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। আর্দ্র ফেরিক অক্সাইড হাইড্রোজেন সালফাইড শোষণ করিয়া আয়রন সালফাইড গঠন করিলে ইহার শোষণ ক্ষমতা লোপ পায়। তখন ইহাকে বলা হয় নিঃশেষিত আয়রন অক্সাইড বা স্পেণ্ট-অক্সাইড।

$$2\ Fe(OH)_3 + 3\ H_2S = Fe_2S_3 + 6H_2O.$$

এই স্পেণ্ট-অক্সাইডকে বাতাসে মুক্ত অবস্থায় রাখিয়া দিলে উহা পুনরায় ফেরিক হাইড্রোক্সাইডে পরিণত হয় এবং সালফার পৃথক হয়। এই পৃথকীকৃত সালফার উদ্ধার করা হয়। $2\ Fe_2S_3 + 3O_2 + 6H_2O = 6S + 4Fe(OH)_3$

এইভাবে কোল গ্যাস উৎপাদনে উপজাত হিসাবে প্রাপ্ত নিঃশেষিত আয়রন অক্সাইড সালফারের উৎস হিসাবে গণ্য হয়।

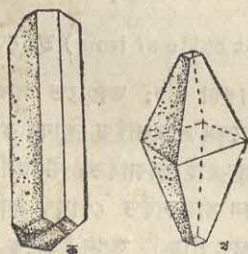
(খ) লে ব্ল্যাঙ্ক পদ্ধতির উপজাত ক্যালসিয়াম সালফাইড হইতে: লে ব্ল্যাঙ্ক পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেটের শিল্পপ্রস্তুতিকালে যে ক্যালসিয়াম সালফাইড উপজাত হিসাবে পাওয়া যায় তাহা হইতেও সালফার সংগ্রহ করা যায়। তবে বর্তমানে লে ব্ল্যাঙ্ক পদ্ধতিটির বিশেষ প্রচলন নাই ; ফলে এই পদ্ধতিতে সালফার সংগ্রহ করা হয় না।

(গ) সালফাইড খনিজ হইতে: সালফাইড খনিজ হইতে কপার, লেড, জিঙ্ক প্রভৃতি ধাতু নিষ্কাশনের সময় যে প্রচুর পরিমাণ সালফার ডাই-অক্সাইড উপজাত হিসাবে পাওয়া যায়, তাহা শ্বেততপ্ত কোকের (1100°C) উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে সালফার ডাই-অক্সাইড সালফারে বিজারিত হয়। উৎপন্ন বাষ্পাকার সালফার শীতল করিয়া কঠিন রূপে সংগ্রহ করা হয়। $C+SO_2=CO_2+S$

(ঘ) জিপ্‌সাম ($CaSO_4\ 2H_2O$) হইতে: জিপসামের সঙ্গে বালি, কাদা ও কোক মিশ্রিত করিয়া তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত হয়। এই সালফার ডাই-অক্সাইড উত্তপ্ত কোকের সহিত বিক্রিয়ায় সালফারে পরিণত হয়।

সালফারের বহুরূপতা (Allotropy of Sulphur):

সালফারের কয়েকটি রূপভেদ আছে। রূপভেদগুলির রাসায়নিক ধর্মে পার্থক্য তেমন না থাকিলেও উহাদের ভৌত ধর্মে লক্ষণীয় পার্থক্য আছে। সালফারের প্রধান **পাঁচটি রূপভেদের মধ্যে দুইটি নিয়তাকার এবং তিনটি অনিয়তাকার।**

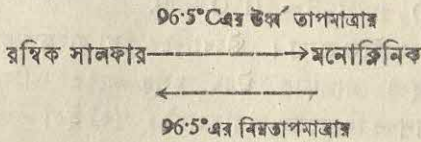
নিয়তাকার রূপভেদ: (১) রম্বিক বা অষ্টপলা বা α-সালফার (Rhombic or Octahedral or α-Sulphur): সাধারণ অবস্থায় যে ফিকে হলুদ বর্ণের সালফার পাওয়া যায় তাহাই রম্বিক সালফার। ইহার কেলাসে আটটি পৃষ্ঠতল আছে বলিয়া ইহাকে অষ্টপলা সালফারও বলা হয়। রূপভেদগুলির মধ্যে ইহা সবচেয়ে স্থায়ী। অন্যান্য রূপভেদগুলি সাধারণ উষ্ণতায় রাখিয়া দিলে ধীরে ধীরে রম্বিক সালফারে রূপান্তরিত হয়। ইহার ঘনত্ব 2·05, গলনাঙ্ক 113°C ; ইহা জলে অদ্রাব্য, কিন্তু কার্বন ডাই-সালফাইড, উত্তপ্ত ক্লোরোফর্ম, বেঞ্জিন ইত্যাদিতে দ্রাব্য। ইহা তাপ ও বিদ্যুৎ অপরিবাহী।

চিত্র ২(৪০) সালফারের স্ফটিক
(ক) প্রিজমেটিক (খ) রম্বিক

(২) মনোক্লিনিক (Monoclinic) বা প্রিজ্‌মেটিক বা β-সালফার: রম্বিক সালফার 96·5°C এর কাছাকছি উষ্ণতায় মনোক্লিনিক সালফারে পরিণত হয়।

সাধারণতঃ সামান্য চূর্ণ রম্বিক সালফার একটি পোর্সেলিন মুচিতে গলাইয়া এই তরলকে ধীরে ধীরে ঠাণ্ডা করিলে প্রথমে উহার উপর একটি কঠিন সর পড়ে। এই অবস্থায় সূচ দিয়া সরকে ছিদ্র করিয়া নিম্নস্থ তরল সালফার ঢালিয়া বাহির করিলে

সুচির গায়ে এবং সরের নিচে সূচের মত দীর্ঘাকৃতি স্বচ্ছ হলুদ স্ফটিক দেখা যায়, ইহাই মনোক্লিনিক সালফার।

ইহা ভঙ্গুর, স্বচ্ছ, মোমের ন্যায়, হলুদ বর্ণের কেলাসাকার। ইহার ঘনত্ব 1·93, গলনাঙ্ক 120°C। ইহা জলে অদ্রাব্য কিন্তু কার্বন ডাই-সালফাইডে সহজে দ্রাব্য। সাধারণ তাপমাত্রায় স্থায়ী নহে, রাখিয়া দিলে ধীরে ধীরে রম্বিক সালফারে পরিবর্তিত হওয়ার প্রবণতা দেখায়। লক্ষ্য করার বিষয়, রম্বিক ও মনোক্লিনিক রূপভেদ দুইটি পরস্পর রূপান্তরিত হইতে পারে।

$$\text{রম্বিক সালফার} \underset{96\cdot5^\circ\text{এর নিম্নতাপমাত্রায়}}{\overset{96\cdot5^\circ\text{C এর ঊর্ধ্ব তাপমাত্রায়}}{\rightleftharpoons}} \text{মনোক্লিনিক}$$

অনিয়তাকার রূপভেদ : (১) নমনীয় বা প্লাষ্টিক বা γ-সালফার (Plastic Sulphur) :

একটি শক্ত টেষ্টটিউবে সালফারের গুঁড়া লওয়া হয় এবং তাপপ্রয়োগে ইহা গলানো হয়। আরো উত্তপ্ত করিলে যখন উহা প্রায় ফুটিতে থাকে এবং ঘন বাদামী বর্ণ ধারণ করে, তখন উত্তপ্ত তরলকে একটি বীকারের ঠাণ্ডা জলে সূতার আকারে ঢালা হয়। ইহাতে রবারের মত নমনীয় যে পদার্থ পাওয়া যায় তাহাই প্লাষ্টিক সালফার।

ইহা রবারের ন্যায় নমনীয়তা সম্পন্ন। ইচ্ছামত ইহাকে দড়ির আকার বা অন্য আকৃতি দেওয়া যায়। ইহাই রড ছাই-এর মত। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·95। ইহা জল এবং কার্বন ডাই-সালফাইড উভয় দ্রাবকে দ্রাব্য নহে। সাধারণ উষ্ণতায় রাখিয়া দিলেই ইহা ধীরে ধীরে শক্ত হয় এবং অবশেষে রম্বিক সালফারে পরিণত হয়।

চিত্র ২(৪১) প্লাষ্টিক-সালফার

(২) দুগ্ধশ্বেত সালফার বা δ-সালফার (Milk of sulphur or δ-sulphur)। ইহা পলিসালফাইড বা হলুদ অ্যামোনিয়াম সালফাইডের উপর লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়।

কলিচুন ও বিচূর্ণ সালফার জলের সহিত একটি বীকারে ফুটাইলে লালবর্ণের যে দ্রবণ পাওয়া যায়, তাহা অদ্রাব্য পদার্থ হইতে পৃথক করিয়া উহাকে অ্যাসিড মিশাইলে সূক্ষ্ম সালফার কণা উৎপন্ন হয়। ইহা দেখিতে দুধের মত সাদা।

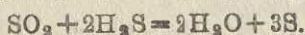
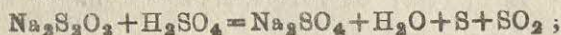
ইহাও সালফারের অনিয়তাকার রূপভেদ। ইহার আপেক্ষিক ঘনত্ব 1·82। জলে অদ্রাব্য, কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রাব্য। ইহা ঔষধ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

(৩) কলয়ডীয় সালফার (Colloidal sulphur) : রম্বিক সালফারকে অ্যালকোহলে দ্রাবিত করিয়া এই দ্রবণ অতিরিক্ত পরিমাণ ঠাণ্ডা জলে ঢালিয়া দিলে

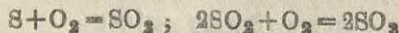
সমস্ত জল দুধের ন্যায় সাদা ঘোলাটে হয় এবং সালফার ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণার আকারে পৃথক হয়। এই সালফার দ্রবীভূত থাকে না বা অধঃক্ষেপের আকারও নেয় না। ইহা জলে প্রলম্বিত অবস্থায় থাকিয়া কলয়ডীয় সালফার উৎপন্ন করে।

পাতলা সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণ অম্লীকৃত করিয়া অথবা সালফার ডাই-অক্সাইডের ঠাণ্ডা সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড প্রবাহিত করিয়াও কলয়ডীয় সালফার উৎপন্ন করা যায়।

$$Na_2S_2O_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O + S + SO_2 ;$$

$$SO_2 + 2H_2S = 2H_2O + 3S.$$

ইহা কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রাব্য। ঔষধাদিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

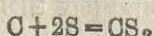
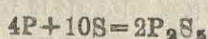
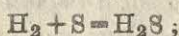
ধর্ম : ভৌত—(১) সালফার ঈষৎ হলুদ বর্ণের কঠিন অধাতব পদার্থ। (২) ইহা ভঙ্গুর এবং তাপ ও বিদ্যুতের অপরিবাহী। (৩) ইহা একটি বহুরূপী মৌল। বিভিন্ন রূপভেদের গলনাঙ্ক ভিন্ন। রম্বিক সালফার 113°C তাপমাত্রায় গলিয়া হলুদ বর্ণের তরল সৃষ্টি করে। তাপ বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে তরলের বর্ণ গাঢ় হয় এবং 230°C তাপমাত্রায় পুনরায় কঠিন হইয়া কালো হইয়া যায়। 230°C এর ঊর্ধ্বে আবার তরলে পরিণত হয় এবং 444·6°C তাপমাত্রায় গলিত সালফার ফুটিতে থাকে এবং লাল গাঢ় বাষ্প নির্গত হয়। (৪) সালফার জলে অদ্রাব্য ; কিন্তু কার্বন ডাই-সালফাইড, উষ্ণ বেঞ্জিন, তার্পিন তেল প্রভৃতি জৈব দ্রাবকে দ্রাব্য। প্লাষ্টিক সালফার কার্বন ডাই-সালফাইডে অদ্রাব্য।

রাসায়নিক : (১) ইহা একটি সহজদাহ্য পদার্থ। বায়ুতে বা অক্সিজেনে উত্তপ্ত করিলে সালফার গলিয়া যায় এবং পরে নীলাভ শিখাসহ জ্বলে। এই দহনে সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। কিঞ্চিৎ সালফার ট্রাই-অক্সাইডও উৎপন্ন হইতে দেখা যায়। $S + O_2 = SO_2$; $2SO_2 + O_2 = 2SO_3$

পটাসিয়াম নাইট্রেট, পটাসিয়াম ক্লোরেট প্রভৃতি জারকদ্রব্যের সহিত মিশাইয়া আগুন ধরাইলে বিস্ফোরণসহ জ্বলিতে থাকে।

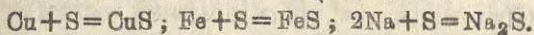
(২) অনেক অধাতু ও ধাতব মৌলের সহিত সালফার সাধারণ অবস্থায় বা উত্তপ্ত অবস্থায় সরাসরি যুক্ত হইয়া সালফাইড গঠন করে।

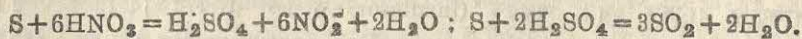
উত্তপ্ত ঝামাপাথরের উপর দিয়া বাষ্পীয় সালফার ও হাইড্রোজেন প্রবাহিত করিলে গ্যাসীয় হাইড্রোজেন সালফাইড উৎপন্ন হয়। ফুটন্ত সালফার ও ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয় কমলা রঙের তরল সালফার ক্লোরাইড। লোহিততপ্ত কার্বনের উপর সালফারের বাষ্প প্রবাহিত করিলে কার্বন ডাই-সালফাইড উৎপন্ন হয়। সাধারণ তাপমাত্রায় ইহা একটি তরল পদার্থ। ফসফরাস ও সালফারের বিক্রিয়ায় ফসফরাস পেণ্টাসালফাইড গঠিত হয়।

$$H_2 + S = H_2S ; \qquad 4P + 10S = 2P_2S_5$$

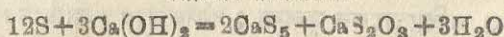
$$2S + Cl_2 = S_2Cl_2 ; \qquad C + 2S = CS_2$$

উত্তপ্ত কপার, জিঙ্ক, মার্কারী, আয়রন, সোডিয়াম সালফারের সহিত ক্রিয়া করিয়া

ধাতব সালফাইড গঠন করে। পাতলা তামার পাত সালফার বাষ্পে হলুদ শিখায় জ্বলিয়া উঠে। সালফার বাষ্পে সোডিয়াম অগ্নিস্ফুলিঙ্গ ছড়াইয়া জ্বলে।

$$Cu+S=CuS\ ;\ Fe+S=FeS\ ;\ 2Na+S=Na_2S.$$

(৩) লঘু খনিজ অ্যাসিড এবং গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড সালফারের সহিত বিক্রিয়া করে না। গাঢ় নাইট্রিক, সালফিউরিক প্রভৃতি অক্সিঅ্যাসিড সালফারের সহিত ফুটাইলে সালফার জারিত হয়। গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড সালফারকে সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত করে এবং নিজে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে বিজারিত হয়। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা সালফার সালফার ডাই-অক্সাইডে জারিত হয় এবং সালফিউরিক অ্যাসিড নিজেও বিজারিত হইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড দেয়।

$$S+6HNO_3=H_2SO_4+6NO_2+2H_2O\ ;\ S+2H_2SO_4=3SO_2+2H_2O.$$

(৪) গাঢ় ক্ষার দ্রবণ সালফার চূর্ণসহ ফুটাইলে ধাতব সালফাইড ও থায়োসালফেট উৎপন্ন হয়। সালফারের পরিমাণ অত্যধিক হইলে পলি সালফাইড গঠিত হয়।

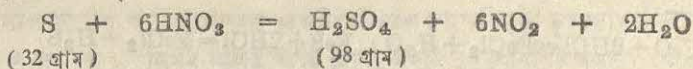
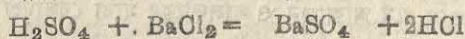
$$4S+6NaOH=2Na_2S+\underset{\text{সোডিয়াম থায়োসালফেট}}{Na_2S_2O_3}+3H_2O\ ;\ Na_2S+4S=Na_2S_5$$

$$12S+3Ca(OH)_2=2CaS_5+CaS_2O_3+3H_2O$$

(থায়োসালফেট মূলক হইল 'S_2O_3' ইহা 'SO_4' মূলকের একটি অক্সিজেন পরমাণু সালফার বা থায়ো দ্বারা অপসারণের ফলে গঠিত হয়।)

সালফারের বিভিন্ন রূপভেদগুলি যে একই মৌলিক পদার্থ তাহার প্রমাণঃ (১) সালফারের বিভিন্ন রূপভেদ সম পরিমাণে লইয়া পৃথক পৃথক ভাবে অতিরিক্ত পরিমাণ বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অক্সিজেনে দহন করিলে প্রতিক্ষেত্রেই সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং উৎপন্ন সালফার ডাই-অক্সাইডের ওজন সব ক্ষেত্রেই সমান হয়।

(২) একটি ছোট বীকারে 1 গ্রাম বিশুদ্ধ রম্বিক সালফারের সহিত বিশুদ্ধ ফিউমিং নাইট্রিক অ্যাসিড মিশাইয়া বালিগাহে উত্তপ্ত করিলে সালফার দ্রবীভূত হইয়া সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত হয়। দ্রবণ শীতল করিয়া অতিরিক্ত জল দ্বারা লঘু করা হয় এবং পুনরায় ফুটানো হয়। অতঃপর ঠাণ্ডা দ্রবণে অতিরিক্ত লঘু বেরিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ মিশাইলে বেরিয়াম সালফেটের সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে। অধঃক্ষিপ্ত বেরিয়াম সালফেট ফিলটারের সাহায্যে পৃথক করিয়া পাতিত জল দ্বারা উত্তমরূপে ধৌত করা হয় এবং সম্পূর্ণ শুষ্ক করিয়া ওজন লওয়া হয়। দেখা যায় ইহার ওজন 7·28 গ্রাম।

$$\underset{(32\text{ গ্রাম})}{S}+6HNO_3=\underset{(98\text{ গ্রাম})}{H_2SO_4}+6NO_2+2H_2O$$

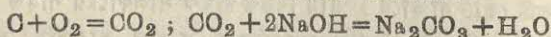
$$\underset{(98\text{ গ্রাম})}{H_2SO_4}+BaCl_2=\underset{(233\text{ গ্রাম})}{BaSO_4}+2HCl$$

উপরের সমীকরণ হইতে ইহা স্পষ্ট যে 32 গ্রাম সালফার হইতে 233 গ্রাম বেরিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়। অর্থাৎ 1 গ্রাম হইতে উৎপন্ন হয় 7·28 গ্রাম।

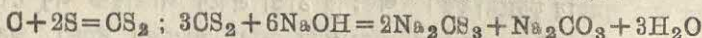
এখন রম্বিক সালফারের পরিবর্তে 1 গ্রাম ওজনের অন্যান্য রূপভেদ লইয়া পৃথক ভাবে এই পরীক্ষা করিলে দেখা যায় যে প্রতিক্ষেত্রেই অধঃক্ষিপ্ত বেরিয়াম সালফেটের ওজন 7·28 গ্রাম হয়। ইহাতে নিঃসন্দেহে প্রমাণিত হয় সালফারের বিভিন্ন রূপভেদগুলি একই মৌলিক পদার্থ।

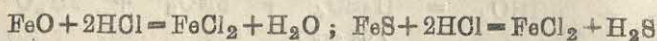
ব্যবহার : (১) সালফারের প্রধান ব্যবহার সালফিউরিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদনে। (২) বারুদ তৈয়ারীতে এবং কৃত্রিম রাবার প্রস্তুতিতে প্রচুর সালফার ব্যবহৃত হয়। (৩) চিকিৎসাশাস্ত্রে মলম ও ঔষধ প্রস্তুত করার জন্য বিশুদ্ধ মৌল সালফারের ব্যবহার জানা আছে। (৪) কীটনাশক দ্রব্য হিসাবে কখনও কখনও শস্যক্ষেত্রে সালফার ব্যবহৃত হয়। অন্তরক (insulator) রূপেও সালফার ব্যবহার করা হয়। (৫) বহু প্রয়োজনীয় সালফার ঘটিত যৌগ প্রস্তুতিতে সালফার ব্যবহার করা হয়। যেমন কার্বন ডাই-সালফাইড, সালফার ক্লোরাইড (দ্রাবক), ফসফরাস পেণ্টাসালফাইড (দিয়াশলাই এর শলাকায় ব্যবহৃত), সোডিয়াম থায়োসালফেট (ফটোগ্রাফিতে ব্যবহৃত), ক্যালসিয়াম সালফাইট, বাই-সালফাইট (বিরঞ্জক, কাগজ শিল্পে ব্যবহৃত) ইত্যাদি।

সালফার ও অক্সিজেনের তুলনা : সালফার ও অক্সিজেনের ধর্মের সাদৃশ্য হেতু উহাদিগকে রাসায়নিক বিচারে একই গোষ্ঠীভুক্ত ধরা হয়। উভয় মৌল হইতে প্রাপ্ত যৌগগুলির রাসায়নিক গঠনে বিশেষ সাদৃশ্য দেখা যায়।

সাদৃশ্য : (১) উভয় মৌলই প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় বর্তমান। (২) অক্সিজেন ও সালফার উভয়ই বহুরূপী মৌল। অক্সিজেনের রূপভেদ ওজোন। সালফারের নিয়তাকার ও অনিয়তাকার উভয়বিধ রূপভেদ আছে। (৩) উভয় মৌলই হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া একাধিক যৌগ গঠন করে। যেমন—H_2O, H_2O_2 এবং H_2S, H_2S_2 ইত্যাদি। (৪) কার্বন অক্সিজেনে পুড়িয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে এবং এই অক্সাইড ক্ষারের সহিত ক্রিয়া করিয়া কার্বনেট গঠন করে।

$$C+O_2=CO_2\ ;\ CO_2+2NaOH=Na_2CO_3+H_2O$$

লোহিত তপ্ত কার্বন ও সালফার বাষ্প রাসায়নিক সংযোগে কার্বন ডাই-সালফাইড উৎপন্ন করে ; ইহা ক্ষারের সহিত ক্রিয়া করিয়া থায়ো কার্বনেট দেয়।

$$C+2S=CS_2\ ;\ 3CS_2+6NaOH=2Na_2CS_3+Na_2CO_3+3H_2O$$

(৫) বিভিন্ন ধাতুর সহিত যুক্ত হইয়া অক্সিজেন ও সালফার যথাক্রমে ধাতব অক্সাইড ও সালফাইড দেয়। এইসব যৌগগুলির ধর্মেও যথেষ্ট সাদৃশ্য দেখা যায়। যেমন—

$$FeO+2HCl=FeCl_2+H_2O\ ;\ FeS+2HCl=FeCl_2+H_2S$$

বৈসাদৃশ্য : কতকগুলি ধর্মে অক্সিজেন ও সালফারের মধ্যে বৈসাদৃশ্য দেখা যায়।

(১) অক্সিজেন সাধারণ অবস্থায় একটি গ্যাস কিন্তু সালফার ঈষৎ হলুদ বর্ণের কঠিন পদার্থ। (২) অক্সিজেনের যোজ্যতা প্রায়ই নির্দিষ্ট। কিন্তু সালফার বিভিন্ন যৌগে বিভিন্ন যোজ্যতা দেখায়। (৩) অক্সিজেন দ্বি-পরমাণুক। কিন্তু সালফারের অণুতে পরমাণুর সংখ্যা তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল। (৪) অক্সিজেন দাহ্য নহে, অপর

পদার্থের দহনের সহায়ক ; কিন্তু সালফার সহজদাহ্য পদার্থ। (৫) অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের প্রধান যৌগ জল (H_2O)। ইহা একটি প্রশম তরল। কিন্তু হাইড্রোজেন ও সালফারের প্রধান যৌগ হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S), একটি দুর্বল অ্যাসিড। (৬) ক্লোরিনের অক্সাইড Cl_2O একটি বিস্ফোরক দ্রব্য ; কিন্তু সালফারের অনুরূপ যৌগ বিস্ফোরক নহে।

হ্যালোজেন গোষ্ঠী (Halogens)

ফ্লুরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিন এই চারিটি মৌল রসায়নশাস্ত্রে হ্যালোজেন নামে পরিচিত এবং ইহাদের সহিত অন্য মৌলের দ্বি-যৌগিক পদার্থকে বলা হয় **হ্যালাইড**। গ্রীক ভাষায় হ্যালস্ (Hals) অর্থ সামুদ্রিক লবণ। অতএব যাহা সমুদ্রের লবণ উৎপন্ন করিতে পারে, তাহা সামুদ্রিক লবণ উৎপাদনকারী বা হ্যালোজেন। উপরোক্ত চারিটি মৌলের মধ্যে প্রথমে ক্লোরিন সমুদ্রের লবণ (NaCl) হইতে পাওয়া যায়। পরে দেখা যায়, অপরগুলির সোডিয়াম লবণ এবং সোডিয়াম ক্লোরাইডের মধ্যে উল্লেখযোগ্য সাদৃশ্য বর্তমান এবং ব্রোমাইড ও আয়োডাইড লবণগুলিও সমুদ্রের জলে পাওয়া যায়। [ফ্লুরিন পাঠ্যসূচীর অন্তর্ভুক্ত নয় বলিয়া এই মৌল সম্বন্ধে আলোচনা করা হয় নাই]।

ক্লোরিন

(চিহ্ন Cl, আণবিক সংকেত Cl_2, পারমাণবিক গুরুত্ব 35'456)

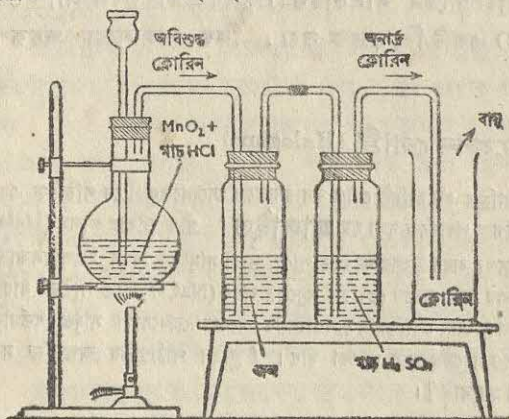
ক্লোরিনের আবিষ্কার ও প্রথম প্রস্তুতির কৃতিত্ব বিজ্ঞানী শীলের (1774)। 1810 খ্রীঃ ডেভি ইহার মৌলিকত্ব প্রমাণ করেন এবং ইহার সবুজাভ হলুদ বর্ণের জন্য নাম রাখেন ক্লোরিন (Chloros=ফিকে সবুজ)।

প্রকৃতিতে মৌল ক্লোরিন অবর্তমান। সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতি ধাতুর সহিত যৌগ হিসাবে ইহা প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। যেমন—সাধারণ লবণ (NaCl), সিলভাইন্ (KCl), কার্নালাইট (KCl, $MgCl_2$, $6H_2O$), হর্ন সিলভার (AgCl) ইত্যাদি। ইহাদের মধ্যে মূল উৎস খাদ্য-লবণ যাহা সমুদ্রজলে, লবণের খনিতে প্রচুর আছে।

প্রস্তুতি : (ক) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের জারণ হইতে :

(অ) **ল্যাবরেটরী পদ্ধতি :** গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও বিচূর্ণ ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের (খনিজ পাইরোলুসাইট) মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া ল্যাবরেটরীতে ক্লোরিন প্রস্তুত করা হয়। জারক ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে ক্লোরিনে জারিত করে। $MnO_2+4HCl=MnCl_2+Cl_2+2H_2O$.

দীর্ঘনাল ফানেল ও নির্গমনলযুক্ত একটি গোলতল ফ্লাস্কে কিছুটা চূর্ণ ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড লওয়া হয়। নির্গম নলের অপর প্রান্ত একটি দুইমুখবিশিষ্ট জলপূর্ণ বোতলের একমুখ দিয়া জলে ডুবানো আছে। বোতলের অপর মুখে আরও একটি নির্গমনল যুক্ত আছে যাহার অপর প্রান্ত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডপূর্ণ অপর একটি গ্যাস-ধৌতি বোতলে রাখা হয়। এই বোতলে যুক্ত একটি বাঁকানো নির্গমনল গ্যাসজারে প্রবেশ করানো হয়। দীর্ঘনাল ফানেলের মধ্য দিয়া গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এমনভাবে ফ্লাস্কে ঢালা হয় যাহাতে উহার শেষ প্রান্ত এবং ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড অ্যাসিডে

নিমজ্জিত থাকে। অতঃপর ফ্লাস্কটি ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে সবুজাভ হলুদ বর্ণের ক্লোরিন গ্যাসরূপে বাহির হয়।

চিত্র ২(৪২) ল্যাবরেটরীতে ক্লোরিন প্রস্তুতি

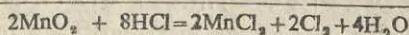
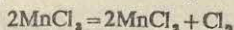
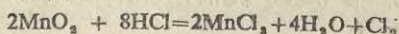
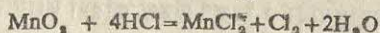
উৎপন্ন ক্লোরিন গ্যাসের সঙ্গে কিছুটা হাইড্রোজেন ক্লোরাইড এবং জলীয় বাষ্প অশুদ্ধি হিসাবে থাকে। নির্গত গ্যাস জলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হওয়ার সময় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবীভূত হয়। কিছুটা ক্লোরিন জলে দ্রবীভূত হয় বটে, তবে শীতল জল ক্লোরিন দ্বারা সম্পৃক্ত হয় এবং ক্লোরিন গ্যাস বাহির হইয়া আসে এবং গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া চালনা করার কালে জলীয় বাষ্পমুক্ত হয়।

ক্লোরিন বায়ু অপেক্ষা ভারী বলিয়া এই বিশুদ্ধ ও শুষ্ক ক্লোরিন বায়ুর উর্ধ্বাপসারণ দ্বারা শুষ্ক গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।

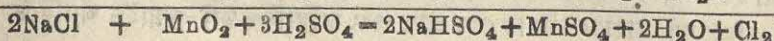
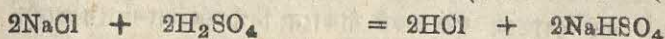
দ্রষ্টব্য : (১) MnO_2 এবং HCl এর বিক্রিয়া দুই পর্যায়ে সম্পন্ন হয়। প্রথমে সাধারণ তাপমাত্রায় গাঢ় বাদামী বর্ণের ম্যাঙ্গানিজ ট্রাই ক্লোরাইডের দ্রবণ প্রস্তুত হয়। ইহা উত্তাপে বিযোজিত হইয়া ম্যাঙ্গানাস ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

$$2MnO_2 + 8HCl = 2MnCl_3 + 4H_2O + Cl_2$$
$$2MnCl_3 = 2MnCl_2 + Cl_2$$
$$\overline{2MnO_2 + 8HCl = 2MnCl_2 + 2Cl_2 + 4H_2O}$$

Or

$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$

(২) ক্লোরিন গ্যাস সোডিয়াম ক্লোরাইডের সম্পৃক্ত দ্রবণ অথবা গরম জলের অপসারণ দ্বারাও সংগ্রহ করা যাইতে পারে। মার্কারীর সহিত ক্রিয়া করে বলিয়া মার্কারীর উপর কখনও ক্লোরিন সংগ্রহ করা হয় না।

(আ) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড, 50% ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ও কোন ক্লোরাইড লবণের (NaCl, KCl ইত্যাদি) মিশ্রণকে উত্তপ্ত করিলেও ক্লোরিন উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়া দুই পর্যায়ে সংঘটিত হয় :

$$2NaCl + 2H_2SO_4 = 2HCl + 2NaHSO_4$$
$$2HCl + MnO_2 + H_2SO_4 = Cl_2 + MnSO_4 + 2H_2O$$
$$\overline{2NaCl + MnO_2 + 3H_2SO_4 = 2NaHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + Cl_2}$$

যন্ত্রসজ্জা, বিশুদ্ধিকরণ ও সংগ্রহ সবই ল্যাবরেটরী পদ্ধতির অনুরূপ।

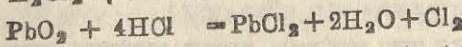
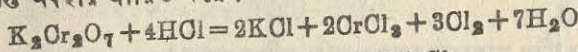
এই উপায়ে ব্রোমিন ও আয়োডিন যথাক্রমে ব্রোমাইড ও আয়োডাইড হইতে প্রস্তুত করা যাইতে পারে। সেইজন্য এই পদ্ধতি ইহাদের প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতি বলিয়া গণ্য। $2NaX + 3H_2SO_4 + MnO_2 = 2NaHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + X_2$

(X = Cl, Br অথবা I)

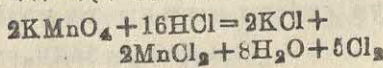
(ই) অন্যান্য জারক দ্রব্যের সাহায্যেও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে জারিত করিয়া ক্লোরিন পাওয়া যায়।

পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট বা লেড ডাই-অক্সাইড গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত অবস্থায় জারিত করে।

$$K_2Cr_2O_7 + 4HCl = 2KCl + 2CrCl_3 + 3Cl_2 + 7H_2O$$

$$PbO_2 + 4HCl = PbCl_2 + 2H_2O + Cl_2$$

পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্বারা সাধারণ তাপমাত্রায় জারণক্রিয়া সম্পন্ন হয়।

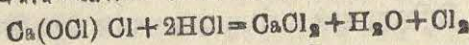
স্বাভাবিক তাপাঙ্কে বিশুদ্ধ ক্লোরিন প্রস্তুতি : স্বাভাবিক তাপাঙ্কে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট কেলাসের উপর শীতল গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড জারিত হইয়া ক্লোরিন দেয়। ক্লোরিন উৎপাদনের ইহা একটি সহজ পদ্ধতি।

$$2KMnO_4 + 16HCl = 2KCl + 2MnCl_2 + 8H_2O + 5Cl_2$$

একটি শঙ্কু কুপীতে কর্কের মাধ্যমে একটি বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গম নল যুক্ত করা হয়। শঙ্কু কুপীতে কিছু পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট কেলাস রাখিয়া বিন্দুপাতী ফানেল হইতে সাবধানে ফোঁটা ফোঁটা গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ইহার উপর ফেলা হয়। পারম্যাঙ্গানেট ও অ্যাসিডের সংযোগমাত্রই ক্লোরিন নির্গত হইতে থাকে। উহা বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগৃহীত হয়।

চিত্র ২ (৪৩) স্বাভাবিক তাপাঙ্কে বিশুদ্ধ ক্লোরিন প্রস্তুতি

তাড়াতাড়ি বা অতিমাত্রায় অ্যাসিড ঢালিলে দ্রুত বিক্রিয়ার ফলে বিস্ফোরণের আশঙ্কা থাকে।

(ঈ) স্বাভাবিক তাপমাত্রায় ব্লিচিং পাউডার ও লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায়ও ক্লোরিন পাওয়া যায়।

$$Ca(OCl)Cl + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + Cl_2$$

(খ) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা অনেক গলিত ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা : হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইড, টিন ক্লোরাইড, সিলভার ক্লোরাইডকে তড়িৎবিশ্লেষণ করিলে অ্যানোডে ক্লোরিন পাওয়া যায়।

একটি তাপসহ U-নলে গলিত সিলভার ক্লোরাইডকে কার্বন তড়িৎদ্বারের সাহায্যে তড়িৎ বিশ্লেষণ করিয়া বিশুদ্ধ ক্লোরিন পাওয়া যায়।

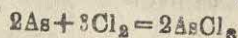
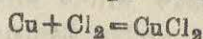
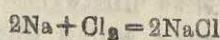
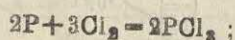
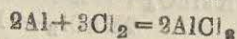
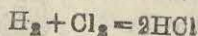
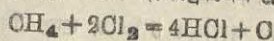
ধর্ম : ভৌত—(১) ক্লোরিন ঈষৎ সবুজ আভাযুক্ত হলুদ বর্ণের গ্যাস। ইহার গন্ধ অতি তীব্র ও ঝাঁঝালো। (২) ইহা বিষাক্ত। ইহার বিষক্রিয়া শরীরের চামড়া ও শ্লৈষ্মিক ঝিল্লীর উপর বেশী হয়। শ্বাসের সহিত বেশী পরিমাণে ক্লোরিন গ্যাস লইলে প্রথমে নাক ও গলা জ্বালা করে ও ফুলিয়া যায়। অত্যধিক গ্রহণে মৃত্যুও হইতে পারে। (৩) বায়ু অপেক্ষা প্রায় 2·5 গুণ ভারী। (৪) জলে মোটামুটি দ্রাব্য, তবে নুনজলে বা গরম জলে দ্রাব্যতা খুব কম। (৫) শীতল অবস্থায় সামান্য চাপ প্রয়োগে সহজে তরলে পরিণত হয়।

রাসায়নিক : ক্লোরিন রাসায়নিকভাবে অতি সক্রিয় মৌল।

(১) ক্লোরিন দাহ্য নহে তবে অন্য পদার্থের দহনে সহায়তা করে। ফসফরাস,আর্সেনিক, অ্যান্টিমনি প্রভৃতি অধাতু এবং সোডিয়াম, কপার প্রভৃতি ধাতু ক্লোরিনের সংস্পর্শে আলো ও তাপ বিকিরণ সহ জ্বলিয়া ওঠে এবং ক্লোরাইড যৌগ গঠন করে।

$2P + 3Cl_2 = 2PCl_3$; $2Na + Cl_2 = 2NaCl$

$2P + 5Cl_2 = 2PCl_5$; $Cu + Cl_2 = CuCl_2$

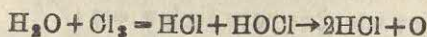
$2As + 3Cl_2 = 2AsCl_3$

আয়রন, জিঙ্ক, অ্যালুমিনিয়াম ইত্যাদিও ক্লোরিনের প্রত্যক্ষ সংযোগে ক্লোরাইড দেয়। $2Fe + 3Cl_2 = 2FeCl_3$; $2Al + 3Cl_2 = 2AlCl_3$

(২) হাইড্রোজেনের প্রতি ক্লোরিনের প্রবল আসক্তি আছে। হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন যদিও অন্ধকারে বিক্রিয়া করে না, তথাপি স্বাভাবিক উষ্ণতায় বা সূর্যালোকে রাখিলেই বিস্ফোরণ সহ ক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গঠিত হয়। ক্লোরিনের মধ্যে হাইড্রোজেন চালাইলেও উহা জ্বলিতে থাকে এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। $H_2 + Cl_2 = 2HCl$

ক্লোরিন অন্যান্য যৌগে বর্তমান হাইড্রোজেনের সহিতও ক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড দেয়। যেমন—মিথেন ও হাইড্রোজেনের গ্যাস মিশ্রণ সূর্যালোকে বা উত্তপ্ত অবস্থায় বিস্ফোরণসহ বিক্রিয়া করে এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের উৎপত্তিসহ কার্বন মৌলরূপে মুক্ত হয়। $CH_4 + 2Cl_2 = 4HCl + C$

তার্পিন তৈল ($C_{10}H_{16}$) যুক্ত ফিলটার কাগজ ক্লোরিন গ্যাসে ধরিলে তৎক্ষণাৎ জ্বলিয়া ওঠে এবং কার্বন আলাদা হইয়া পড়ে।

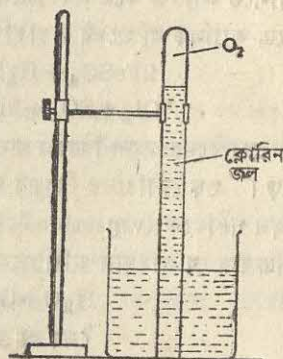
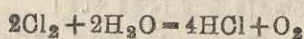
হাইড্রোজেনের প্রতি এইরূপ আসক্তির জন্যই ক্লোরিন জারণধর্মের অধিকারী।

(৩) জল ও ক্লোরিনের বিক্রিয়া তাপ ও আলোকের অবস্থার উপর নির্ভর করে।

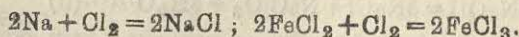
(অ) হিমশীতল জলের (0°C) সহিত ক্লোরিন গ্যাস বিভিন্ন ক্লোরিন হাইড্রেট-কেলাস ($Cl_2.10H_2O$, $Cl_2.8H_2O$, $Cl_2.6H_2O$ ইত্যাদি) দেয়।

(আ) সাধারণ উষ্ণতায় ক্লোরিন জলে মোটামুটি দ্রবীভূত হইয়া 'ক্লোরিন জল' নামে ঈষৎ হলুদ বর্ণের জলীয় দ্রবণ তৈয়ারী করে। এই ক্লোরিন জলের গন্ধ ঠিক ক্লোরিনের মত উগ্র। সম্ভবতঃ ইহাতে হাইড্রোক্লোরিক ও হাইপো-ক্লোরাস অ্যাসিড গঠিত হয়—ইহা দীর্ঘ সময় রাখিয়া দিলে জায়মান অক্সিজেন গঠন করে। জায়মান অক্সিজেনের উৎপত্তি প্রখর সূর্যালোকে দ্রুত হয়।

$$H_2O + Cl_2 = HCl + HOCl \rightarrow 2HCl + O$$

(ই) প্রখর সূর্যালোকে বা আলোকপাতে ক্লোরিন জলকে বিশ্লিষ্ট করিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

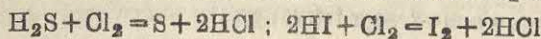
$$2Cl_2 + 2H_2O = 4HCl + O_2$$

চিত্র ২ (৪৪) সূর্যালোকে জল ও ক্লোরিনের বিক্রিয়া

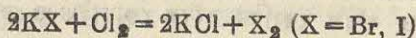
(৪) ক্লোরিন একটি তীব্র তড়িৎঋণাত্মক মৌল এবং ইহার জারণ ধর্ম বিশেষ উল্লেখযোগ্য। ইহা কোন পদার্থে সরাসরি যুক্ত হইয়া বা ইহার অনুপাত বৃদ্ধি করিয়া পদার্থকে জারিত করে। যেমন, সোডিয়ামকে প্রত্যক্ষ সংযোগ দ্বারা সোডিয়াম ক্লোরাইডে, এবং নিজের অনুপাত বৃদ্ধি দ্বারা ফেরাস ক্লোরাইড দ্রবণকে ফেরিক ক্লোরাইডে জারিত করে। সবুজাভ বা প্রায় বর্ণহীন ফেরাস ক্লোরাইড দ্রবণ হলুদ বর্ণের ফেরিক লবণের দ্রবণে পরিণত হয়।

$$2Na + Cl_2 = 2NaCl \; ; \; 2FeCl_2 + Cl_2 = 2FeCl_3.$$

আবার ক্লোরিন কোন কোন যৌগ হইতে হাইড্রোজেনের বা পরা তড়িৎধর্মী মৌলের অপসারণ দ্বারাও জারণক্রিয়া সম্পন্ন করে। ক্লোরিন গ্যাস অ্যামোনিয়াকে নাইট্রোজেনে জারিত করে। ক্লোরিন গ্যাস হাইড্রোজেন সালফাইডপূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করাইলে ইহাকে জারিত করিয়া হলুদ বর্ণের সালফার মুক্ত করে অথবা হাইড্রোজেন সালফাইডের জলীয় দ্রবণ হইতে সালফার অধঃক্ষিপ্ত করে। ক্লোরিন হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিডকে আয়োডিনে জারিত করে। প্রতি ক্ষেত্রেই কিন্তু ক্লোরিন নিজে বিজারিত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

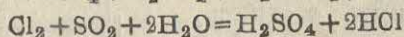
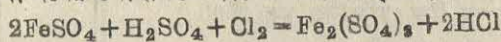
$$2NH_3 + 3Cl_2 = N_2 + 6HCl$$

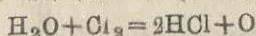
উৎপন্ন HCl এবং অপরিবর্তিত NH_3 বিক্রিয়া করিয়া NH_4Cl গঠন করিবে।)

$$H_2S + Cl_2 = S + 2HCl \; ; \; 2HI + Cl_2 = I_2 + 2HCl$$

ক্লোরিন ব্রোমাইড বা আয়োডাইডকে জারিত করিয়া যথাক্রমে ব্রোমিন ও আয়োডিন মুক্ত করে এবং ধাতব ক্লোরাইড গঠিত করিয়া নিজে বিজারিত হয়।

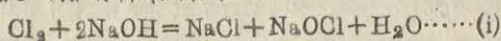
$$2KX + Cl_2 = 2KCl + X_2 \; (X = Br, I)$$

ক্লোরিন সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত ফেরাস সালফেট দ্রবণকে ফেরিক সালফেটে এবং সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণকে (সালফিউরাস অ্যাসিড) সালফিউরিক

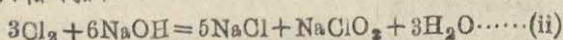
অ্যাসিডে জারিত করে এবং নিজে বিজারিত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দেয়। উভয় ক্ষেত্রে অ্যাসিড বা জলের উপস্থিতিতে পদার্থে অক্সিজেন বৃদ্ধি হইয়া জারণ সম্পন্ন হয়।

$$2FeSO_4+H_2SO_4+Cl_2=Fe_2(SO_4)_3+2HCl$$
$$Cl_2+SO_2+2H_2O=H_2SO_4+2HCl$$

ক্লোরিনের প্রবল বিরঞ্জন ক্ষমতা আছে। এই বিরঞ্জন ধর্ম ও জারণ ক্রিয়ার মধ্যে পড়ে। শুষ্ক ক্লোরিনের বিরঞ্জন ক্ষমতা নাই। জলের উপস্থিতিতে ইহা সমস্ত ভেষজ রঙ্গিন পদার্থকে (vegetable colouring matters) বর্ণহীন করে। জল ও ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় যে জায়মান অক্সিজেনের সৃষ্টি হয় তাহা জৈব রঙকে বিরঞ্জিত করে।

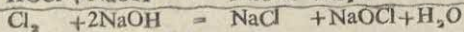
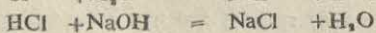
$$H_2O+Cl_2=2HCl+O$$

জৈব রঙ + O→জারিত বর্ণহীন জৈব পদার্থ।

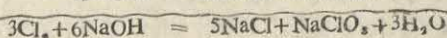
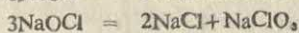
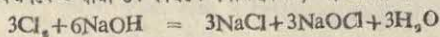
(৫) **ক্লোরিন ও ক্ষারের বিক্রিয়া নানাভাবে হয়** এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থ ক্লোরিনের পরিমাণ, ক্ষার দ্রবণের গাঢ়ত্ব এবং উষ্ণতার উপর নির্ভর করে। লঘু ও শীতল ক্ষার দ্রবণে (কষ্টিক সোডা, কষ্টিক পটাস) ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করিলে ধাতব ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট মিশ্রণ পাওয়া যায়। এই বিক্রিয়ায় দ্রবণে অতিরিক্ত ক্ষার থাকা দরকার।

$$Cl_2+2NaOH=NaCl+NaOCl+H_2O\cdots\cdots(i)$$

অতিরিক্ত ক্লোরিন তপ্ত ও গাঢ় ক্ষার দ্রবণের সহিত ক্রিয়া করিয়া ধাতব ক্লোরাইড ও ক্লোরেট উৎপন্ন করে।

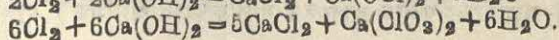
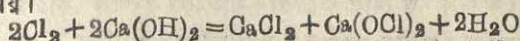
$$3Cl_2+6NaOH=5NaCl+NaClO_3+3H_2O\cdots\cdots(ii)$$

শীতল অবস্থায় যে হাইপোক্লোরাইট গঠিত হয় তাহা তপ্ত অবস্থায় ক্লোরাইড ও ক্লোরেটে বিযোজিত হয়।

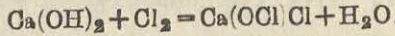
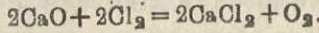
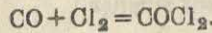
ইহা জানা দরকার সমীকরণ (i) দ্বারা প্রকাশিত বিক্রিয়া এইভাবে ঘটে।

$$\begin{array}{llll} Cl & +H_2O & = HCl & +HOCl \\ HCl & +NaOH & = NaCl & +H_2O \\ HOCl & +NaOH & = NaOCl & +H_2O \\ \hline Cl_2 & +2NaOH & = NaCl & +NaOCl+H_2O \end{array}$$

আবার (i) সমীকরণকে 3 দ্বারা গুণ করিলে সমীকরণ (ii) পাওয়া যায়।

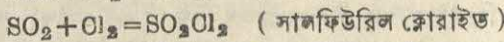
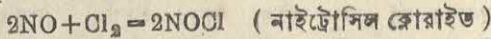
$$\begin{array}{rl} 3Cl_2+6NaOH & = 3NaCl+3NaOCl+3H_2O \\ 3NaOCl & = 2NaCl+NaClO_3 \\ \hline 3Cl_2+6NaOH & = 5NaCl+NaClO_3+3H_2O \end{array}$$

কষ্টিক পটাসের সহিতও একই ভাবে বিক্রিয়া হয়।

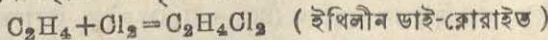
ঠাণ্ডা ও পাতলা অতিরিক্ত চুনের জলের (ক্যালসিয়াম হাইড্রোক্সাইডের পাতলা জলীয় দ্রবণ) সহিত ক্লোরিন বিক্রিয়া করিয়া ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট উৎপন্ন করে। উষ্ণ দ্রবণ ও অধিক ক্লোরিন হইলে ক্লোরাইড ও ক্লোরেটের মিশ্রণ পাওয়া যায়।

$$2Cl_2+2Ca(OH)_2=CaCl_2+Ca(OCl)_2+2H_2O$$
$$6Cl_2+6Ca(OH)_2=5CaCl_2+Ca(ClO_3)_2+6H_2O.$$

গ্যাসীয় ক্লোরিন 40°C তাপমাত্রায় কলিচুনের (Slaked lime) মধ্যে প্রবাহিত করিলে ব্লিচিং পাউডার (ক্যালসিয়াম ক্লোরোহাইপোক্লোরাইট) উৎপন্ন হয়।

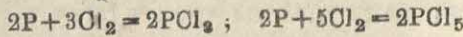
$$Ca(OH)_2 + Cl_2 = Ca(OCl)Cl + H_2O.$$

পাথুরে চুনের সহিত সাধারণ তাপমাত্রায় ক্লোরিন ক্রিয়া করে না, তবে তীব্রভাবে উত্তপ্ত চুনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া উহা অক্সিজেন ও ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। $2CaO + 2Cl_2 = 2CaCl_2 + O_2$.

(৩) কতকগুলি অধাতব অক্সাইডের সহিত সরাসরি যুক্ত হইয়া ক্লোরিন যুত-যৌগ গঠন করে। ক্লোরিন ও কার্বন মনোক্সাইডের পরস্পর বিক্রিয়ায় কার্বনিল ক্লোরাইড নামে একটি বিষাক্ত গ্যাসীয় যুত-যৌগ উৎপন্ন হয়। কার্বনিল ক্লোরাইড ফসজিন নামেও পরিচিত। $CO + Cl_2 = COCl_2$.

একই ভাবে নাইট্রিক অক্সাইড, সালফার ডাই-অক্সাইড ইত্যাদি ক্লোরিনের সহিত ক্রিয়া করিয়া যুত-যৌগ দেয়।

$2NO + Cl_2 = 2NOCl$ (নাইট্রোসিল ক্লোরাইড)

$SO_2 + Cl_2 = SO_2Cl_2$ (সালফিউরিল ক্লোরাইড)

ইথিলীন প্রভৃতি অসম্পৃক্ত জৈব পদার্থও ক্লোরিনের সহিত যুত-যৌগ গঠন করে।

$C_2H_4 + Cl_2 = C_2H_4Cl_2$ (ইথিলীন ডাই-ক্লোরাইড)

পরীক্ষার সাহায্যে ক্লোরিনের বিশেষ বিশেষ ধর্মের প্রমাণ :

(১) ক্লোরিন দাহ্য নহে তবে অনেক অধাতু ও ধাতুর দহনের সহায়ক।

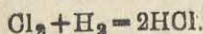
(অ) উজ্জ্বলন চামচে একটুকরা ফসফরাস লইয়া ক্লোরিনপূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করানো মাত্র ফসফরাস স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলিয়া ফসফরাস ট্রাই ও পেণ্টাক্লোরাইড তৈয়ারী করে। $2P + 3Cl_2 = 2PCl_3$; $2P + 5Cl_2 = 2PCl_5$

(আ) আর্সেনিক ও অ্যান্টিমনির গুঁড়া ক্লোরিনপূর্ণ গ্যাসজারে ছড়াইয়া দিলে অগ্নিস্ফুলিঙ্গের উৎপত্তিসহ উহারা জ্বলিতে থাকে এবং ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

(ই) একটি উজ্জ্বলন চামচে গলিত সোডিয়াম লইয়া উহা ক্লোরিনের জারে প্রবেশ করাইলে দেখা যায় যে ধাতুটি হলুদ শিখায় জ্বলিতে থাকে।

(ঈ) একটি পাতলা ধাতব কপারের পাত ক্লোরিনপূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করাইলে ইহা তৎক্ষণাৎ সবুজ শিখা-সহ জ্বলিতে থাকে।

(২) ক্লোরিনের হাইড্রোজেনের প্রতি আসক্তি প্রবল।

(অ) একটি পরীক্ষানলে সম-আয়তনে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন গ্যাস পূর্ণ করিয়া তোয়ালে দ্বারা ঢাকিয়া দেওয়া হয়। পরে এই গ্যাসমিশ্রণ একটি শিখার সামনে ধরিলে বিস্ফোরণ ঘটে এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের ধোঁয়ার সৃষ্টি হয়।

$$Cl_2 + H_2 = 2HCl.$$

ক্লোরিনপূর্ণ গ্যাসজারে হাইড্রোজেনের জ্বলন্ত শিখা প্রবেশ করাইলে হাইড্রোজেন জ্বলিতে থাকে এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

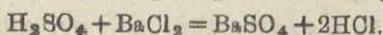
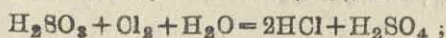
(আ) একটি জলন্ত মোমবাতি ক্লোরিন গ্যাসে মৃদু লাল শিখা-সহ জলে এবং কার্বনের কালো ধোঁয়া দেখা যায়। এখানেও মোমবাতির উপাদান মৌল হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের বিক্রিয়া হয়। কার্বন যে ক্লোরিনের সহিত ক্রিয়া করে না, এই পরীক্ষাই তাহা প্রমাণ করে।

(৩) **উজ্জ্বল সূর্যালোকে ক্লোরিন জলকে বিযোজিত করিয়া অক্সিজেন দেয়।** একটি লম্বা একমুখ বন্ধ কাচনল ক্লোরিনের জলীয় দ্রবণ দ্বারা পূর্ণ করিয়া একটি জলপূর্ণ পাত্রের মধ্যে উপুড় করিয়া রাখা হয়। কাচনলটি সূর্যালোকে আনিলে দেখা যায় ধীরে ধীরে বুদ্‌বুদ্ উৎপন্ন হয় এবং নলের উপরদিকে অক্সিজেন গ্যাস সঞ্চিত হয়। একটি শিখাহীন জলন্ত শলাকা উক্ত গ্যাসে ধরিলে তৎক্ষণাৎ জলিয়া ওঠে। ইহাতে প্রমাণিত হয় যে গ্যাসটি অক্সিজেন।

(৪) **ক্লোরিন একটি জারক দ্রব্য।** চারটি টেষ্ট টিউব লইয়া প্রথমটিতে ফেরাস ক্লোরাইডের দ্রবণ লওয়া হয়। এই দ্রবণে ক্লোরিন প্রবাহিত করিলে ফেরিক ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় এবং দ্রবণের বর্ণ হলুদ হইয়া যায়। ইহাতে সামান্য পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড মিশাইলে গাঢ় নীল অধঃক্ষেপ পড়ে। এই পরীক্ষা ফেরিক আয়নের (Fe^{+3}) উপস্থিতি প্রমাণ করে।

দ্বিতীয় টেষ্ট টিউবে সালফিউরাস অ্যাসিড (SO_2+H_2O) লইয়া উহাতে ক্লোরিন প্রবাহিত করিলে উহা সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত হয়। উক্ত দ্রবণে বেরিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ যোগ করিলে সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে যাহা HCl এ অদ্রাব্য।

$$H_2SO_3+Cl_2+H_2O=2HCl+H_2SO_4\ ;$$

$$H_2SO_4+BaCl_2=BaSO_4+2HCl.$$

তৃতীয় টেষ্ট টিউবে পটাসিয়াম ব্রোমাইড দ্রবণ লইয়া ক্লোরিন জল সহ ঝাঁকাইলে ব্রোমিন মুক্ত হয়। উহাতে কার্বন ডাই-সালফাইড মিশ্রিত করিয়া ঝাঁকাইলে ব্রোমিন ইহাতে দ্রবীভূত হইয়া বাদামী বর্ণ ধারণ করে।

পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতেও একই ভাবে আয়োডিন মুক্ত হয়। উহা কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত হইয়া বেগুনী দ্রবণ উৎপন্ন করে।

(৫) ক্লোরিনের উল্লেখযোগ্য **বিরঞ্জন ক্ষমতা** আছে। একটি শুষ্ক গ্যাসজার শুষ্ক ক্লোরিন দ্বারা পূর্ণ করিয়া, একটি রঙিন পাতা, ফুল বা লিটমাস কাগজ প্রবেশ করানো হইলে দেখা যাইবে উক্ত দ্রব্যগুলির রঙ অপরিবর্তিত আছে। কিন্তু গ্যাস-জারে একটু জল মিশাইলেই পাতা, ফুল ইত্যাদি বর্ণহীন হইয়া যায়। ইহাতে প্রমাণিত হয় যে শুষ্ক ক্লোরিনের বিরঞ্জন ক্ষমতা নাই। আর্দ্র অবস্থায় ইহা সমস্ত জৈব রঙ বিরঞ্জিত করিতে পারে।

মনে রাখা দরকার ছাপার কালির অক্ষর আর্দ্র অবস্থায় ক্লোরিন দ্বারা বিরঞ্জিত হয় না অথবা লেড পেন্সিলে লিখা কাগজেও ইহা কোন ক্রিয়া করে না।

দেখা গিয়াছে ভিজা নীল লিটমাস কাগজ ক্লোরিন গ্যাসে রাখিলে ইহা প্রথমে লাল হইয়া পরে বর্ণহীন হয়। এইরূপ বর্ণ পরিবর্তনের কারণ হিসাবে বলা যায়—ক্লোরিন জলের সহিত বিক্রিয়ায় প্রথমে যে

হাইড্রোক্লোরিক ও হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড মিশ্রণ গঠন করে, তাহা নীল লিটমাসকে লাল করে এবং পরে ক্লোরিন জারণ ক্রিয়ায় লিটমাস বিরঞ্জিত করে।

ক্লোরিনের ব্যবহার : (১) পানীয় জলকে সংক্রামক জীবাণু হইতে মুক্ত করিতে বীজবারক হিসাবে ক্লোরিন ব্যবহৃত হয়।

(২) বস্ত্রশিল্প ও কাগজশিল্পে বিরঞ্জক হিসাবে প্রচুর ক্লোরিন ব্যবহৃত হয়।

(৩) ব্লিচিং পাউডার, ক্লোরোফর্ম, গামেক্সেন, ডি. ডি. টি. ইত্যাদি এবং ব্রোমিন, ধাতব ক্লোরেট ও ক্লোরাইড প্রস্তুতিতে ইহার বহুল ব্যবহার জানা আছে। অধুনা সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড তৈয়ারীতে ক্লোরিন ব্যবহৃত হয়।

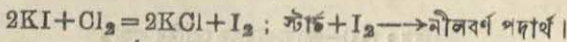
(৪) যুদ্ধে ব্যবহৃত বিষাক্ত গ্যাস—যথা ফসজিন, মাস্টার্ড গ্যাস, ক্লোরোপিক্রিন প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহার হয়। সময় সময় মুক্ত ক্লোরিনও বিষাক্ত গ্যাস হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

(৫) খনি হইতে স্বর্ণ নিষ্কাশনেও ইহার ব্যবহার আছে।

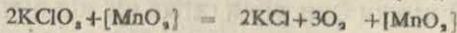
সনাক্তকরণ : (১) বিশিষ্ট সবুজাভ হলুদবর্ণ, এবং ঝাঁঝালো শ্বাসরোধী গন্ধ হইতে ক্লোরিনকে চেনা যায়।

(২) স্টার্চযুক্ত পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে সিক্ত একটুকরা কাগজ ক্লোরিন গ্যাসে ধরিলে ইহা নীলবর্ণ ধারণ করে। ইহাই ক্লোরিন সনাক্তকরণের নির্ভরযোগ্য পরীক্ষা।

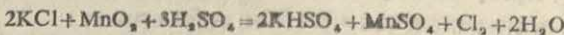
ক্লোরিন পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে আয়োডিন মুক্ত করে এবং আয়োডিন ও স্টার্চের বিক্রিয়াতে নীলবর্ণ পদার্থের সৃষ্টি হয়।

$$2KI + Cl_2 = 2KCl + I_2 \text{ ; স্টার্চ} + I_2 \longrightarrow \text{নীলবর্ণ পদার্থ।}$$

পটাসিয়াম ক্লোরেটে অক্সিজেন ও ক্লোরিনের উপস্থিতির প্রমাণ :

অক্সিজেন : পটাসিয়াম ক্লোরেট ও ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণকে একটি শক্ত কাচনলে উত্তপ্ত করিলে পটাসিয়াম ক্লোরেট বিয়োজিত হইয়া পটাসিয়াম ক্লোরাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে। ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড প্রভাবকের কাজ করে এবং বিক্রিয়ার শেষে অবিকৃত থাকে।

$$2KClO_3 + [MnO_2] = 2KCl + 3O_2 + [MnO_2]$$

গ্যাস আকারে নির্গত অক্সিজেনে একটি শিখাহীন জ্বলন্ত শলাকা প্রবেশ করাইলে উহা জ্বলিতে থাকে। ইহা অক্সিজেনের একটি পরিচায়ক পরীক্ষা।

ক্লোরিন : অক্সিজেন বাহির হইবার পর বিক্রিয়ালব্ধ অবশেষ পটাসিয়াম ক্লোরাইড ও ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের একটি মিশ্রণ। এই মিশ্রণ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডসহ উত্তপ্ত করিলে ক্লোরিন গ্যাস নির্গত হয়।

$$2KCl + MnO_2 + 3H_2SO_4 = 2KHSO_4 + MnSO_4 + Cl_2 + 2H_2O$$

এই নির্গত গ্যাসে স্টার্চযুক্ত পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে সিক্ত কাগজ ধরিলে উহা নীলবর্ণ ধারণ করে। এই পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত হয় যে উদ্ভূত গ্যাস ক্লোরিন।

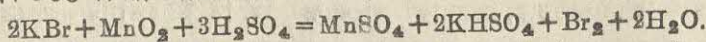
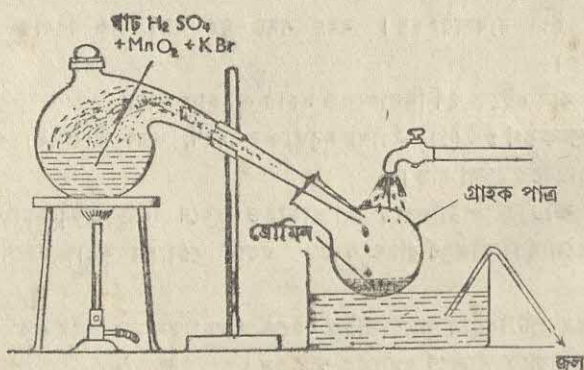
ব্রোমিন

(চিহ্ন Br, আণবিক সংকেত Br_2, পারমাণবিক গুরুত্ব 79 916)

ব্রোমিন মৌলাবস্থায় প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না। কিন্তু সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ইত্যাদি ধাতুর সহিত যৌগাবস্থায় ব্রোমাইডরূপে সমুদ্রের জলে এবং স্টাসফার্ট লবণস্তূপে ব্রোমিন পাওয়া যায়।

সমুদ্রজলের খাদ্য লবণ কেলাসিত করিবার পর যে অবশেষ থাকে তাহাতে ম্যাগনেসিয়াম ব্রোমাইড থাকে এবং ইহার উপর ক্লোরিনের বিক্রিয়া ঘটাইয়াই 1826 খ্রীঃ বিজ্ঞানী ব্যালার্ড (Balard) ব্রোমিন আবিষ্কার করেন।

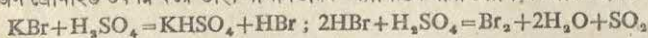
প্রস্তুতি : (ক) ল্যাবরেটরী পদ্ধতি : ল্যাবরেটরীতে পটাসিয়াম ব্রোমাইড (বা সোডিয়াম ব্রোমাইড), ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া ব্রোমিন প্রস্তুত করা হয়।

$$2KBr + MnO_2 + 3H_2SO_4 = MnSO_4 + 2KHSO_4 + Br_2 + 2H_2O.$$

কাচের স্টপারযুক্ত একটি কাচের রিটর্টে পটাসিয়াম ব্রোমাইড, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ লইয়া রিটর্টটি তারজালির উপর

চিত্র ২ (৪৫)—ল্যাবরেটরীতে ব্রোমিন প্রস্তুতি

স্থাপন করিয়া স্ট্যাণ্ডের সহিত আটকানো হয়। রিটর্টের লম্বামুখের প্রান্ত একটি কাচের গোলতল ফ্লাস্কে প্রবেশ করানো থাকে। উপর হইতে শীতল জলের ধারা দিয়া ফ্লাস্কটি ঠাণ্ডা রাখা হয়।

অতঃপর রিটর্টটি সাবধানে উত্তপ্ত করিলে ব্রোমিন গাঢ় লাল বাষ্পাকারে নির্গত হয় এবং শীতল গ্রাহক ফ্লাস্কে ঘনীভূত হইয়া গাঢ় লাল তরলরূপে সঞ্চিত হয়।

দ্রষ্টব্য : শুধু পটাসিয়াম ব্রোমাইড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিলেও ব্রোমিন পাওয়া যাইতে পারে। এক্ষেত্রে পটাসিয়াম ব্রোমাইড ও সালফিউরিক অ্যাসিড বিক্রিয়া করিয়া প্রথমে যে হাইড্রোজেন ব্রোমাইড উৎপন্ন করে তাহা সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্বারা ব্রোমিনে জারিত হয়।

$$KBr + H_2SO_4 = KHSO_4 + HBr\ ;\ 2HBr + H_2SO_4 = Br_2 + 2H_2O + SO_2$$

তবে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডসহ উত্তপ্ত করিলে বিক্রিয়া ত্বরান্বিত ও সহজ হয়।

(খ) পটাসিয়াম ব্রোমাইডের গাঢ় দ্রবণে ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করিয়াও ব্রোমিন প্রস্তুত করা যায়। $2KBr + Cl_2 = 2KCl + Br_2$.

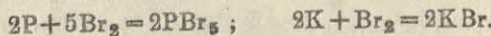
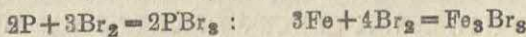
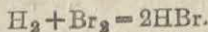
ধর্ম : ভৌত—(১) সাধারণ তাপমাত্রায় ইহা একটি গাঢ় লাল তরল পদার্থ। ইহার স্ফুটনাঙ্ক 59°C হইলেও ইহা অত্যন্ত উদ্বায়ী বলিয়া তরল ব্রোমিন হইতে সর্বদাই লাল বর্ণের বাষ্প নির্গত হয়। ব্রোমিনই একমাত্র অধাতব পদার্থ যাহা সাধারণ

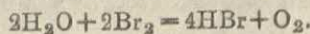
তাপাঙ্কে তরল। (২) তরল ব্রোমিন বেশ ভারী (আপেক্ষিক গুরুত্ব 3·15)। (৩) ইহা শ্বাসরোধী ঝাঁঝালো গন্ধবিশিষ্ট। ইহার তীব্র বিষক্রিয়া আছে। ব্রোমিন বাষ্প সহজেই চক্ষু, নাক, গলা আক্রমণ করে। ব্রোমিন চামড়ার উপর পড়িলে উহাতে যন্ত্রণাদায়ক দুরারোগ্য ক্ষতের সৃষ্টি হয়। (৪) ইহা জলে সামান্য দ্রাব্য। জলীয় দ্রবণের বর্ণ ঈষৎ লাল হয়। অ্যালকোহল, ক্লোরোফর্ম, ইথার, কার্বন ডাই-সালফাইডে ইহা অধিক দ্রাব্য।

রাসায়নিক : রাসায়নিক ধর্মে ইহা ক্লোরিনের ন্যায় ব্যবহার করে। তবে ইহা ক্লোরিন অপেক্ষা কম সক্রিয়।

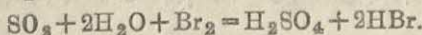
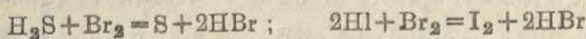
(১) **ব্রোমিন বাষ্প দাহ্য নহে এবং সাধারণভাবে দহনের সহায়ক নহে।** তবে বহু অধাতব ও ধাতব মৌল ইহাতে স্বতঃই জ্বলে।

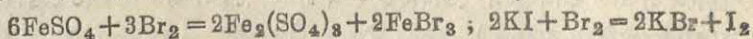
ইহা কার্বন, নাইট্রোজেন, অক্সিজেন ব্যতীত অন্যান্য অধাতুর ব্রোমাইড গঠন করে। ধাতব পটাসিয়াম দহনকালে বিস্ফোরণসহ ব্রোমাইড উৎপন্ন করে।

$$2P + 3Br_2 = 2PBr_3 \; ; \quad 3Fe + 4Br_2 = Fe_3Br_8$$
$$2P + 5Br_2 = 2PBr_5 \; ; \quad 2K + Br_2 = 2KBr.$$

(২) **ব্রোমিনের হাইড্রোজেনের প্রতি আসক্তি আছে, তবে ইহার মাত্রা ক্লোরিন অপেক্ষা কম।** ব্রোমিন ও হাইড্রোজেন সাধারণ তাপমাত্রায় ক্রিয়া করে না। ব্রোমিন সূর্যালোকে ধীরে ধীরে এবং উত্তপ্ত অবস্থায় সহজেই হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন ব্রোমাইড দেয়। এখানে ব্রোমিন একটি জারক দ্রব্যের ন্যায় ব্যবহার করে। $H_2 + Br_2 = 2HBr.$

(৩) ব্রোমিন জলে সামান্য দ্রাব্য। ব্রোমিনের জলীয় দ্রবণ (ব্রোমিন জল) অন্ধকারে অপেক্ষাকৃত সুস্থিত, তবে প্রখর সূর্যালোকে উহা বিশ্লিষ্ট হয়।

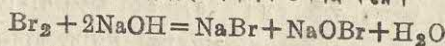
$$2H_2O + 2Br_2 = 4HBr + O_2.$$

ব্রোমিনের সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণ হিমমিশ্রণে ঠাণ্ডা করিলে বিভিন্ন ব্রোমিন হাইড্রেট কেলাস ($Br_2.8H_2O$; $Br_2.10H_2O$) গঠন করে।

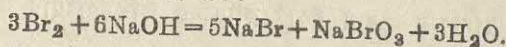
(৪) ব্রোমিনের অল্পাধিক জারণ ক্ষমতা আছে। ইহা হাইড্রোজেন সালফাইডকে সালফারে, হাইড্রোজেন আয়োডাইডকে আয়োডিনে এবং সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণকে সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত করে। প্রতি ক্ষেত্রেই ব্রোমিন নিজে হাইড্রোজেন ব্রোমাইডে বিজারিত হয়।

$$H_2S + Br_2 = S + 2HBr \; ; \quad 2HI + Br_2 = I_2 + 2HBr$$
$$SO_2 + 2H_2O + Br_2 = H_2SO_4 + 2HBr.$$

ব্রোমিন ফেরাস সালফেটকে ফেরিক সালফেটে জারিত করিতে পারে এবং পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে জারণ ক্রিয়ায় আয়োডিন মুক্ত করে।

$$6FeSO_4 + 3Br_2 = 2Fe_2(SO_4)_3 + 2FeBr_3 \; ; \; 2KI + Br_2 = 2KBr + I_2$$

ব্রোমিনের ক্ষীণ বিরঞ্জন ক্ষমতা আছে। ইহা লিটমাসকে বিরঞ্জিত করে।

(৫) ক্ষারের সহিত ব্রোমিনের ক্রিয়া ক্লোরিনের অনুরূপ। লঘু ও শীতল অতিরিক্ত ক্ষার দ্রবণের (কষ্টিক সোডা, কষ্টিক পটাস) সহিত ব্রোমিন ক্রিয়া করিয়া ধাতুর ব্রোমাইড ও হাইপো-ব্রোমাইট মিশ্রণ উৎপন্ন করে।

$$Br_2 + 2NaOH = NaBr + NaOBr + H_2O$$

কিন্তু উত্তপ্ত ও গাঢ় ক্ষার দ্রবণের সহিত অতিরিক্ত ব্রোমিনের বিক্রিয়ায় ধাতব ব্রোমাইড ও ব্রোমেট পাওয়া যায়।

$$3Br_2 + 6NaOH = 5NaBr + NaBrO_3 + 3H_2O.$$

ক্ষারযুক্ত হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডে ব্রোমিন দ্রবীভূত হয় এবং বিক্রিয়া করিয়া অক্সিজেন নির্গত করে। $H_2O_2 + 2NaOH + Br_2 = 2NaBr + 2H_2O + O_2$.

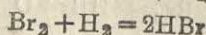
(৬) ইথিলীন প্রভৃতি অসম্পৃক্ত জৈব পদার্থের সহিত ব্রোমিন যুত-যৌগ গঠন করে। ব্রোমিন-জলে ইথিলীন প্রবাহিত করিলে ইথিলীন ডাই-ব্রোমাইড নামক যুত-যৌগ গঠিত হয় এবং লাল ব্রোমিন দ্রবণ বর্ণহীন হয়। $C_2H_4 + Br_2 = C_2H_4Br_2$.

পরীক্ষার সাহায্যে ব্রোমিনের কয়েকটি বিশেষ ধর্মের প্রমাণ :

(১) ব্রোমিন কাচ অপেক্ষা ভারী। একটি বীকারে কিছু ব্রোমিন লইয়া উহাতে একটি কাচের ছিপি (glass stopper) ফেলিলে উহা ব্রোমিনের উপর ভাসিতে থাকে।

(২) ব্রোমিন কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রাব্য। একটি টেষ্ট টিউবে ব্রোমিন জল লইয়া উহাতে কার্বন ডাই-সালফাইড মিশাইয়া ঝাঁকাইলে ব্রোমিন কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রাব্য হইয়া কার্বন ডাই-সালফাইডের বর্ণ বাদামী করে।

(৩) ব্রোমিন দাহ্য নহে, সাধারণভাবে দহনের সহায়ক নহে। ব্রোমিনের বাষ্পপূর্ণ জারে একটি জলন্ত কাঠি প্রবেশ করাইলে উহা নিভিয়া যায়। গ্যাসীয় ব্রোমিন জলিতে দেখা যায় না। তবে ব্রোমিন বাষ্পপূর্ণ গ্যাসজারে হাইড্রোজেনের জলন্ত শিখা প্রবেশ করাইলে হাইড্রোজেন জলিতে থাকে এবং হাইড্রোজেন ব্রোমাইড উৎপন্ন হয়।

$$Br_2 + H_2 = 2HBr$$

সামান্য আর্সেনিক ব্রোমিন বাষ্পপূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করাইলে ইহা লালচে সাদা শিখাসহ জলে এবং ব্রোমাইড উৎপন্ন হয়। $2As + 3Br_2 = 2AsBr_3$.

ব্রোমিনের ক্ষীণ বিরঞ্জন ধর্ম আছে। একটি ভিজা লিটমাস কাগজ ব্রোমিন-বাষ্পপূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করাইলে লিটমাস কাগজ ধীরে ধীরে বিরঞ্জিত হয়।

ব্যবহার : (১) ব্রোমিন পটাসিয়াম ব্রোমাইড, সিলভার ব্রোমাইড প্রভৃতি প্রয়োজনীয় ব্রোমাইড লবণ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। ফটোগ্রাফিতে ব্রোমাইড লবণের প্রচুর ব্যবহার আছে। পটাসিয়াম ব্রোমাইড একটি ঘুমের ঔষধ। সিলভার ব্রোমাইড ফটোগ্রাফিতে ব্যবহৃত হয়।

(২) জৈব রঞ্জক দ্রব্য, ইথিলীন ডাই-ব্রোমাইড (মোটর ইঞ্জিনের ক্ষয়ক্ষতি নিবারণে পেট্রোলে ব্যবহৃত), মিথাইল ব্রোমাইড (অগ্নিনির্বাপণে ব্যবহৃত) লেড টেট্রাইথাইল (জালানী পেট্রোলে ব্যবহৃত) প্রভৃতি জৈব যৌগ এবং কাঁদানে গ্যাস প্রস্তুতিতে ব্রোমিনের ব্যবহার হয়।

(৩) জৈব পদার্থের জারক হিসাবে এবং জীবাণুনাশক হিসাবেও ব্রোমিনের সামান্য ব্যবহার আছে। জীবাণুনাশক হিসাবে ব্যবহারকালে ব্রোমিনকে কিসেলগুড় (Kieselguhr) নামক মাটিতে শোষণ করিয়া লওয়া হয় এবং উহা কঠিন ব্রোমিন (Bromum solidificatum) নামে বাজারে বিক্রয় হয়।

পরিচায়ক পরীক্ষা : (১) গাঢ় বিশিষ্ট লাল বর্ণ এবং তীব্র ঝাঁঝালো শ্বাসরোধী গন্ধ হইতে ইহা সনাক্ত করা যায়।

(২) ইহা স্টার্চ দ্রবণকে কমলা বর্ণে পরিণত করে।

(৩) ব্রোমিন স্টার্চ ও পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে সিক্ত কাগজকে নীল বর্ণে রূপান্তরিত করে।

(৪) ইহা কার্বন ডাই-সালফাইড, ইথার প্রভৃতি জৈব তরলে দ্রবীভূত হয় এবং লালচে বর্ণের দ্রবণ উৎপন্ন করে। ব্রোমিনের জলীয় দ্রবণে কার্বন ডাই-সালফাইড মিশাইয়া ঝাঁকাইলে উহা কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত হয় এবং উৎপন্ন বাদামী দ্রবণ জলের উপর ভাসিতে থাকে।

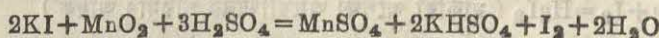
আয়োডিন

(চিহ্ন-I, আণবিক সংকেত I_2, পারমাণবিক গুরুত্ব 126·92)

আয়োডিন প্রকৃতিতে মৌলাবস্থায় পাওয়া যায় না। কয়েকটি ধাতুর সহিত যৌগাবস্থায় সামান্য পরিমাণে সমুদ্রজলে, সামুদ্রিক উদ্ভিদে, চিলির সমুদ্রকূলে যে সোডিয়াম নাইট্রেট বা ক্যালিচি (caliche) পাওয়া যায় তাহাতে, জীবদেহের থাইরয়েড গ্রন্থিতে, কডলিভার তৈলে এবং দুধে সামান্য পরিমাণ আয়োডিন আছে।

সামুদ্রিক উদ্ভিদের ভস্ম বা কেল্প (Kelp) হইতে 1812 খ্রীঃ বিজ্ঞানী কুরতয় (Courtois) আয়োডিন আবিষ্কার করেন। বিজ্ঞানী গে লুসাক বেগুনী রঙের জন্য ইহার আয়োডিন নাম দেন। গ্রীক ভাষায় Iodid অর্থে বেগুনী বর্ণ।

প্রস্তুতি : (ক) ল্যাবরেটরী পদ্ধতি : ল্যবরেটরীতে পটাসিয়াম আয়োডাইড (বা সোডিয়াম আয়োডাইড), ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড এবং গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া আয়োডিন প্রস্তুত করা হয়।

$$2KI+MnO_2+3H_2SO_4=MnSO_4+2KHSO_4+I_2+2H_2O$$

একটি কাচের রিটর্টে পটাসিয়াম আয়োডাইড, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড এবং গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণ লইয়া রিটর্টটি তারজালির উপর স্থাপন করিয়া স্ট্যাণ্ডের সহিত আটকানো হয়। রিটর্টের লম্বা গলাটি একটি কাচের গোলতল গ্রাহক ফ্লাস্কে প্রবেশ করানো থাকে। উপর হইতে শীতল জলের ধারা দিয়া গ্রাহক ফ্লাস্কটি ঠাণ্ডা রাখা হয়। অতঃপর রিটর্টটি সাবধানে উত্তপ্ত করিলে বেগুনী বাষ্পরূপে আয়োডিন মুক্ত হয় এবং ঊর্ধ্বপাতিত হইয়া রিটর্টের গলার শীতল অংশে এবং শীতল গ্রাহকে কালো উজ্জ্বল স্ফটিকাকারে সঞ্চিত হয়। (ল্যাবরেটরী পদ্ধতিতে আয়োডিন প্রস্তুতির যন্ত্রসজ্জা ঠিক ব্রোমিন প্রস্তুতির অনুরূপ।)

এই স্ফটিককে পটাসিয়াম আয়োডাইডের সহিত মিশাইয়া পুনরায় ঊর্ধ্বপাতিত করিয়া বিশুদ্ধ আয়োডিন পাওয়া যায়।

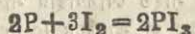
(খ) পটাসিয়াম আয়োডাইডের গাঢ় জলীয় দ্রবণে ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করিয়াও আয়োডিন প্রস্তুত করা যায়। $2KI+Cl_2=2KCl+I_2$

ধর্ম : ভৌত—(১) ইহা সাধারণ অবস্থায় ধাতব দ্যুতিযুক্ত গাঢ় ধূসর বর্ণের উজ্জ্বল কেলাসাকার কঠিন পদার্থ। (২) উত্তাপ প্রয়োগে ইহা সহজেই সরাসরি বেগুনী বাষ্পে রূপান্তরিত হয়। 700°C তাপমাত্রার ঊর্ধ্বে উত্তপ্ত করিলে আয়োডিন গ্যাস বিযোজিত হয় এবং উহার দ্বি-পরমাণুক অণুগুলি এক-পরমাণুক অণুতে পরিণত হয়। $I_2 \rightleftharpoons 2I$.

(৩) ইহা জলে খুব কম দ্রাব্য। কিন্তু অ্যালকোহল, কার্বন ডাই-সালফাইড, ক্লোরোফর্ম, ইথার প্রভৃতি জৈব দ্রাবকে অধিক দ্রাব্য। বিভিন্ন দ্রাবকে দ্রবীভূত হইয়া উহা ভিন্ন ভিন্ন বর্ণের দ্রবণ দেয়। (৪) ইহার ঘনত্ব 4·9.

রাসায়নিক : আয়োডিন অন্যান্য হ্যালোজেন অপেক্ষা রাসায়নিকভাবে অনেক কম সক্রিয় মৌল, যদিও ইহার রাসায়নিক ধর্ম অন্যান্য হ্যালোজেনের মত।

(১) আয়োডিন ফসফরাস, ক্লোরিন, ব্রোমিন, মার্কারী প্রভৃতি মৌলের সহিত সহজেই সরাসরি, এমন কি সাধারণ তাপমাত্রাতেই যুক্ত হইয়া আয়োডাইড যৌগ গঠন করে।

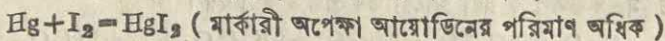
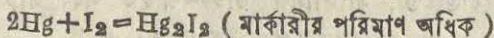
$2P+3I_2=2PI_3$

$I_2+3Cl_2=2ICl_3$ (আয়োডিন ট্রাইক্লোরাইড—হলুদ বর্ণের কঠিন পদার্থ)।

$I_2+Cl_2=2ICl$ (আয়োডিন মনোক্লোরাইড—লাল কঠিন পদার্থ।)

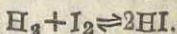
$I_2+Br_2=2IBr$ (আয়োডিন মনোব্রোমাইড—কালো কঠিন পদার্থ)।

একটি খলে মার্কারী ও আয়োডিন মিশ্রণ ঘষিলে সবুজ বর্ণের মারকিউরাস আয়োডাইড এবং লাল হলুদ বর্ণের মারকিউরিক আয়োডাইড উৎপন্ন হয়। কি প্রকার আয়োডাইড গঠিত হইবে তাহা ব্যবহৃত মার্কারীর পরিমাণের উপর নির্ভর করে।

$2Hg+I_2=Hg_2I_2$ (মার্কারীর পরিমাণ অধিক)

$Hg+I_2=HgI_2$ (মার্কারী অপেক্ষা আয়োডিনের পরিমাণ অধিক)

(২) **আয়োডিন বাষ্প দাহ্য নহে**, তবে ক্লোরিনের ন্যায় ইহা সাদা ফসফরাস, আর্সেনিক, অ্যান্টিমনি প্রভৃতির দহনের সহায়ক। এই দহনক্রিয়া ক্লোরিনের ন্যায় তীব্রতার সহিত হয় না।

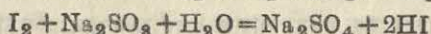
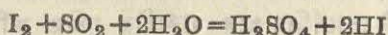
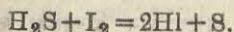
(৩) ক্লোরিন ও ব্রোমিনের মত ইহার হাইড্রোজেন আসক্তি আছে। তবে এই আসক্তি অপেক্ষাকৃত কম। হাইড্রোজেন ও আয়োডিনের মিশ্রণ প্লাটিনাম, টাংস্টেন প্রভৃতি অনুঘটকের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করিলে হাইড্রোজেন আয়োডাইড গঠিত হয়।

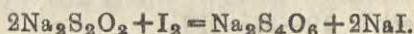
$$H_2+I_2 \rightleftharpoons 2HI.$$

(৪) প্রকৃতপক্ষে **আয়োডিন জলে অদ্রাব্য**। কিন্তু ইহা পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে সহজেই দ্রাব্য হইয়া বাদামী বর্ণের দ্রবণ উৎপন্ন করে। দ্রবণে পটাসিয়াম ট্রাই-আয়োডাইড নামে একটি যৌগ গঠিত হয়। $KI+I_2 \rightleftharpoons KI_3$.

এইজন্য পটাসিয়াম আয়োডাইড লবণ ও আয়োডিন কেলাস মিশ্রণ হইতে আয়োডিন পৃথক করিতে হইলে জল দ্বারা দ্রাব্য পটাসিয়াম আয়োডাইড পৃথক করা সম্ভব নয়। এইরূপ মিশ্রণ হইতে ঊর্ধ্বপাতন দ্বারা আয়োডিন পৃথক করিতে হয়।

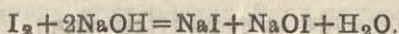
(৫) আয়োডিন মৃদু জারণধর্মী। জলে ভাসমান আয়োডিনে হাইড্রোজেন সালফাইড প্রবাহিত করিলে হাইড্রোজেন সালফাইড আয়োডিন কর্তৃক সালফারে জারিত হয়। সালফার ডাই-অ[illegible] বা কোন সালফাইটের জলীয় দ্রবণ আয়োডিন দ্বারা যথাক্রমে সালফিউরিক অ্যাসিড ও সালফেটে জারিত হয়। প্রতি ক্ষেত্রেই আয়োডিন নিজে বিজারিত হইয়া হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

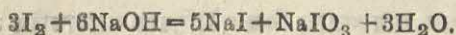
$H_2S+I_2=2HI+S.$ $\quad I_2+SO_2+2H_2O=H_2SO_4+2HI$

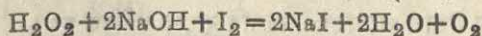
$$I_2+Na_2SO_3+H_2O=Na_2SO_4+2HI$$

সোডিয়াম থায়োসালফেট এবং আয়োডিন সংযোগমাত্রই বিক্রিয়া করিয়া সোডিয়াম টেট্রাথায়োনেট ও সোডিয়াম আয়োডাইড গঠন করে। এই স্থলে আয়োডিন বর্ণহীন হয়।

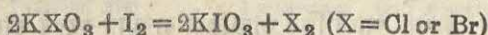
$$2Na_2S_2O_3+I_2=Na_2S_4O_6+2NaI.$$

জলে অদ্রাব্য বলিয়া বস্তুতঃ ইহার কোন বিরঞ্জন ক্ষমতা নাই।

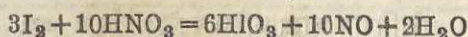
(৬) ক্ষারের সহিত আয়োডিনের ক্রিয়া ক্লোরিন ও ব্রোমিনের অনুরূপ। লঘু, শীতল ও অতিরিক্ত ক্ষার দ্রবণের (কষ্টিক সোডা, কষ্টিক পটাস) সহিত আয়োডিন ধাতুর আয়োডাইড ও হাইপো-আয়োডাইট গঠন করে।

$$I_2+2NaOH=NaI+NaOI+H_2O.$$

উষ্ণ, অধিকতর গাঢ় ক্ষার দ্রবণের সহিত অতিরিক্ত আয়োডিনের বিক্রিয়ায় ধাতব আয়োডাইড ও আয়োডেট উৎপন্ন হয়।

$$3I_2+6NaOH=5NaI+NaIO_3+3H_2O.$$

হাইপো-আয়োডাইট যৌগগুলি খুবই অস্থায়ী। শুধুমাত্র রাখিয়া দিলেই ইহারা আয়োডেটে পরিণত হইতে দেখা যায়।

ক্ষারযুক্ত হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডে আয়োডিন দ্রবীভূত হইয়া অক্সিজেন নির্গত করে। $H_2O_2+2NaOH+I_2=2NaI+2H_2O+O_2$

(৭) আয়োডিন কোন ক্লোরাইড বা ব্রোমাইড হইতে ক্লোরিন বা ব্রোমিন মুক্ত করিতে পারে না। কিন্তু পটাসিয়াম ক্লোরেট বা পটাসিয়াম ব্রোমেট লবণের ক্লোরিন বা ব্রোমিন আয়োডিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া ক্লোরিন বা ব্রোমিন মুক্ত হয়।

$$2KXO_3+I_2=2KIO_3+X_2 \ (X=Cl \text{ or } Br)$$

(৮) হ্যালোজেন মৌলের মধ্যে একমাত্র আয়োডিনই ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত হইয়া আয়োডিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$3I_2+10HNO_3=6HIO_3+10NO+2H_2O$$

(৯) হ্যালোজেনের অপরা তড়িৎ ধর্মিতা পারমাণবিক গুরুত্ববৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে কমিতে থাকে এবং সর্বাপেক্ষা অধিক পারমাণবিক গুরুত্বসম্পন্ন আয়োডিন অধাতু হইলেও

কোন কোন যৌগে ইহা পরা তড়িৎধর্মী মৌলের ন্যায় ব্যবহার করে। উদাহরণস্বরূপ নিম্নলিখিত যৌগগুলি উল্লেখ করা যাইতে পারে।

ICl—আয়োডিন মনোক্লোরাইড ICl_3—আয়োডিন ট্রাই-ক্লোরাইড

ICN—আয়োডিন সায়ানাইড

(১০) আয়োডিন স্টার্চের সহিত বিক্রিয়ায় একটি গাঢ় নীল বর্ণের জটিল পদার্থের সৃষ্টি করে। এই নীল বর্ণ উত্তাপ প্রয়োগে চলিয়া যায় এবং শীতল করিলে ফিরিয়া আসে।

পরীক্ষা দ্বারা আয়োডিনের কয়েকটি ধর্মের প্রমাণ: (১) ইহা মার্কারী, ফসফরাস, আর্সেনিকের সহিত সরাসরি যুক্ত হইয়া আয়োডাইড গঠন করে।

একটি পোর্সেলিন খলে মার্কারীর সহিত অতিরিক্ত আয়োডিন মিশাইয়া ঘর্ষণ করিলে দুইটি মৌল পরস্পর যুক্ত হইয়া লালচে হলুদ রং-এর মারকিউরিক আয়োডাইড গঠন করে। $Hg + I_2 = HgI_2$

একটি পোর্সেলিন বেসিনে একটুকরা শ্বেত ফসফরাস আয়োডিন কেলাসের সান্নিধ্যে রাখিলে প্রথমে ফসফরাস গলিয়া যায় এবং পরে এত তীব্রতার সহিত বিক্রিয়া ঘটায় যে মিশ্রণ শিখাসহ জ্বলিয়া ওঠে। $2P + 3I = 2PI_3$

আয়োডিন বাষ্পপূর্ণ একটি ফ্লাস্কে অ্যান্টিমনি পাউডার ছড়াইয়া দিলে তৎক্ষণাৎ অ্যান্টিমনি ফুলঝুরির ন্যায় জ্বলিয়া ওঠে। $2Sb + 3I_2 = 2SbI_3$

(২) আয়োডিন স্টার্চের সহিত বিক্রিয়ায় নীল যৌগ গঠন করে।

স্টার্চ দ্রবণে সামান্য আয়োডিন মিশাইলে স্টার্চের বর্ণ নীল হয়। উত্তাপ প্রয়োগে ইহা বর্ণহীন হয় এবং শীতল করিলে নীল রঙ পুনরায় ফিরিয়া আসে।

এই নীলবর্ণ যৌগের দ্রবণে অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইড মিশাইলে দ্রবণ স্থায়িভাবে বর্ণহীন হয়।

(৩) আয়োডিন জলে প্রায় অদ্রাব্য কিন্তু পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে দ্রবণীয়।

একটি টেষ্টটিউবে খানিকটা জল লইয়া উহাতে আয়োডিনের কেলাস মিশাইলে কেলাস অদ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। টেষ্টটিউবে অতঃপর পটাসিয়াম আয়োডাইড যোগ করিলে আয়োডিন তৎক্ষণাৎ দ্রবীভূত হইয়া গাঢ় বাদামী দ্রবণ উৎপন্ন করে।

(৪) আয়োডিন উত্তাপ প্রয়োগে সরাসরি বাষ্পে পরিণত হয়। একটি উত্তপ্ত ফ্লাস্কে কয়েকটি আয়োডিন কেলাস ফেলিলে তৎক্ষণাৎ সমস্ত ফ্লাস্কটি বেগুনী বাষ্পে পূর্ণ হয়। এই বাষ্পে স্টার্চ দ্রবণে সিক্ত কাগজ ধরিলে কাগজের বর্ণ নীল হয়।

ব্যবহার: (১) জীবাণু-নাশক ঔষধরূপে আয়োডিনের ব্যবহার সুবিদিত। কাটা ঘা বা ক্ষতের জন্য যে টিঞ্চার আয়োডিন ডাক্তাররা ব্যবহার করেন তাহা পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ বা অ্যালকোহলে আয়োডিন দ্রবীভূত করিয়া তৈয়ারী করা হয়।

(২) কতকগুলি জৈব রঞ্জক, পটাসিয়াম আয়োডাইড এবং আয়োডোফর্ম প্রস্তুতিতে আয়োডিন ব্যবহৃত হয়। পটাসিয়াম আয়োডাইড ফটোগ্রাফিতে এবং আয়োডোফর্ম জীবাণুনাশক হিসাবে ক্ষত পরিষ্কার করিতে লাগে।

(৩) আয়োডেক্স জাতীয় বেদনা-নাশক ঔষধ প্রস্তুতিতে আয়োডিনের ব্যবহার হয়।

(৪) আয়তনমাত্রিক বিশ্লেষণে (volumetric analysis) ইহার ব্যবহার আছে।

(৫) জৈব রসায়নে মৃদু জারকরূপে ইহা ব্যবহৃত হয়।

সনাক্তকরণ: (১) উত্তপ্ত ফ্লাস্কে আয়োডিন কেলাস ফেলিলে বেগুনী বাষ্প উৎপন্ন হয়।

(২) আয়োডিন স্টার্চ দ্রবণের সংস্পর্শে আসিলেই স্টার্চ ঘোর নীলবর্ণ ধারণ করে। ইহাই আয়োডিনের নির্ভরযোগ্য পরীক্ষা।

(৩) কার্বন-ডাই সালফাইডে আয়োডিন মিশাইয়া ঝাঁকাইলে ইহা দ্রবীভূত হইয়া দ্রবণের বর্ণ বেগুনী করে।

(৪) অ্যালকোহল বা অ্যাসিটোনের সহিত আয়োডিন ও সোডিয়াম বা পটাসিয়াম হাইড্রোক্সাইড দ্রবণ মিশাইয়া সামান্য উত্তপ্ত করিলে বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত, হলুদ, সিল্কের ন্যায় কেলাসাকার আয়োডোফর্ম অধঃক্ষিপ্ত হয়।

ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনের তুলনা:

ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিন একই হ্যালোজেন গোষ্ঠীভুক্ত মৌল। ইহাদের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের মধ্যে উল্লেখযোগ্য সাদৃশ্য আছে। এইসকল ধর্মের মাত্রা অবশ্য পারমাণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে বৃদ্ধি ও হ্রাস পাইয়া থাকে।

ইহাদের প্রত্যেকটিই অধাতব মৌল। প্রকৃতিতে ইহাদের মৌলাবস্থায় পাওয়া যায় না। কেবলমাত্র ধাতব যৌগরূপে ইহারা প্রকৃতিতে অবস্থান করে। তিনটি মৌলই সাধারণ পদ্ধতিতে ল্যাবরেটরীতে প্রস্তুত করা হয়।

$$2NaX + MnO_2 + 3H_2SO_4 = 2NaHSO_4 + MnSO_4 + X_2 + 2H_2O$$

$(X = Cl, Br, I)$

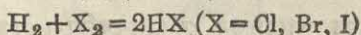
প্রতিটি মৌলই এক-যোজী, অপরা-বিদ্যুৎধর্মী এবং গ্যাসীয় অবস্থায় দ্বি-পরমাণুক।

ভৌত ধর্ম	ক্লোরিন	ব্রোমিন	আয়োডিন
পাঃ গুরুত্ব,	35·457	80	127
ভৌত অবস্থা, বর্ণ, গন্ধ	ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত, সবুজাভ হলুদ গ্যাস	তীব্রতর ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত, গাঢ় লাল তরল	ধূসর বর্ণের ধাতব দ্যুতিযুক্ত উজ্জ্বল স্ফটিক—বাষ্পীয় অবস্থায় বেগুনী
আপেক্ষিক গুরুত্ব	বায়ু অপেক্ষা $2\frac{1}{2}$ গুণ ভারী	3·19 (তরল)	4·94 (কঠিন)
জলে দ্রাব্যতা	মোটামুটি দ্রাব্য	অপেক্ষাকৃত কম দ্রাব্য	দ্রাব্যতা প্রায় নাই
গলনাঙ্ক	—102·4°C	7·2°C	113·6°C
স্ফুটনাঙ্ক	—34°C	58·2°C	184·5°C

লক্ষ্য করিবার বিষয় যে, বর্ণের গাঢ়তা, আপেক্ষিক গুরুত্ব, গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক প্রভৃতি পারমাণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে বাড়িতেছে।

পারমাণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে উহাদের রাসায়নিক সাক্রিয়তার পরিবর্তন বিশেষ লক্ষণীয়।

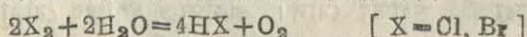
(ক) হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া : তিনটি মৌলই হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন হ্যালাইড তৈয়ারী করে।

$H_2+X_2=2HX$ $(X=Cl, Br, I)$

বিক্রিয়ার তীব্রতা ক্লোরিন হইতে আয়োডিন পর্যন্ত ক্রমশঃ হ্রাস পায়। ক্লোরিন ও হাইড্রোজেন অন্ধকারে বিক্রিয়া করে না, তবে সূর্যালোকে বিস্ফোরণসহ যুক্ত হয়। ব্রোমিন ও হাইড্রোজেন মিশ্রণ উত্তপ্ত করিলে হাইড্রোজেন ব্রোমাইড উৎপন্ন হয়। আবার আয়োডিন ও হাইড্রোজেন প্রভাবকের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করিলে সংযুক্ত হইয়া আংশিকভাবে হাইড্রোজেন আয়োডাইড দেয়।

হাইড্রোজেন হ্যালাইডের (HCl, HBr, HI) স্থায়িত্বও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড হইতে হাইড্রোজেন আয়োডাইড পর্যন্ত ক্রমান্বয়ে কমিতে থাকে এবং বিজারণ ক্ষমতা এই ক্রমানুসারে বাড়ে। হাইড্রোজেন আয়োডাইডের স্থায়িত্ব সবচেয়ে কম, সেইজন্য ইহা কম তাপে বিযোজিত হয়। $2HI=H_2+I_2$

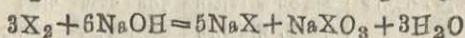
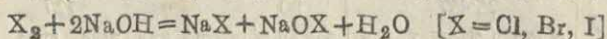
জলীয় দ্রবণে প্রতিটি যৌগই অধিক মাত্রায় আয়নিত এবং তীব্র অ্যাসিডধর্মী। তিনটি হ্যালোজন অ্যাসিডের সিলভার লবণ জলে অদ্রাব্য।

(খ) জলের সহিত ক্রিয়া : ক্লোরিন সূর্যালোকে জল বিশ্লিষ্ট করিয়া অক্সিজেন ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দেয়। ব্রোমিন অপেক্ষাকৃত ধীরে সূর্যালোকে জলকে বিশ্লিষ্ট করে। জলের সহিত আয়োডিনের কোন ক্রিয়া নাই।

$2X_2+2H_2O=4HX+O_2$ $[X=Cl, Br]$

হিমশীতলতায় ক্লোরিন ও ব্রোমিন জলের সহিত কেলাসাকার হ্যালোজেন হাইড্রেট, $Cl_2, 6H_2O$, $Br_2, 10H_2O$ ইত্যাদি গঠন করে।

(গ) ক্ষার দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া : শীতল, লঘু ক্ষার দ্রবণ ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়ায় ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইড লবণ উৎপন্ন করে। একই ভাবে ব্রোমিন ও আয়োডিন যথাক্রমে ব্রোমাইড, হাইপোব্রোমাইট এবং আয়োডাইড, হাইপো-আয়োডাইট দেয়। উষ্ণ, গাঢ় ক্ষার দ্রবণ ও ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় ক্লোরাইড ও ক্লোরেট উৎপন্ন হয়। ব্রোমিন, আয়োডিনও এই অবস্থায় একই রূপ লবণ গঠন করে।

$X_2+2NaOH=NaX+NaOX+H_2O$ $[X=Cl, Br, I]$

$3X_2+6NaOH=5NaX+NaXO_3+3H_2O$

(ঘ) অধাতুর সহিত বিক্রিয়া : অক্সিজেন, নাইট্রোজেন ও কার্বন ব্যতীত অন্যান্য প্রায় সকল অধাতুর সহিত ক্লোরিন প্রত্যক্ষভাবে যুক্ত হয়। ব্রোমিন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, কার্বন ও সিলিকনের সহিত ক্রিয়া করে না। আয়োডিন কেবলমাত্র ফসফরাস, আর্সেনিক, হাইড্রোজেন ও অন্যান্য হ্যালোজেনসমূহের সহিত সরাসরি সংযুক্ত হইতে পারে।

(ঙ) ধাতুর সহিত বিক্রিয়া : ক্লোরিন দ্বারা প্রায় সকল ধাতুই আক্রান্ত হয় ; অধিকাংশ ধাতু ক্লোরিন গ্যাসে জলে এবং ধাতব ক্লোরাইডের সৃষ্টি হয়। অধিকাংশ ধাতুই ব্রোমিন দ্বারা আক্রান্ত হইয়া ব্রোমাইড উৎপন্ন করে, তবে অল্প কয়েকটি মাত্র

ব্রোমিন বাষ্পে জলে। আয়োডিন ও অনেক ধাতুর সরাসরি সংযোগে আয়োডাইড উৎপন্ন হয়।

(চ) জারণক্ষমতা ও বিরঞ্জনধর্ম : হ্যালোজেনগুলির পরমাণু ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া হ্যালাইড আয়নে বিজারিত হইতে সক্ষম। সেইজন্য ইহারা জারক দ্রব্য রূপে গণ্য। $X_2 + 2e \rightarrow 2X^-$ ($X = Cl, Br, I$) ইহাদের জারণক্ষমতা ও বিরঞ্জন ধর্ম ক্লোরিন হইতে আয়োডিন পর্যন্ত পর পর কমিতে থাকে। আয়োডিনের বিরঞ্জন ক্ষমতা নাই বলিলেও চলে।

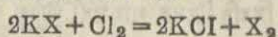
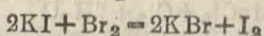
(ছ) স্টার্চ দ্রবণের সহিত হ্যালোজেন-গোষ্ঠীর ক্রিয়াও বিশেষ লক্ষণীয়।

Cl_2 + স্টার্চ দ্রবণ → বর্ণের পরিবর্তন হয় না।

Br_2 + ,, → কমলা হলুদ বর্ণের জটিল যৌগ।

I_2 + ,, → গাঢ় নীল বর্ণের জটিল যৌগ।

(জ) প্রতিস্থাপন ক্ষমতা : ব্রোমাইড ও আয়োডাইড লবণ হইতে ক্লোরিন যথাক্রমে ব্রোমিন ও আয়োডিন মুক্ত করে। ব্রোমিন কেবল আয়োডাইড হইতে আয়োডিন উৎপন্ন করিতে পারে। আয়োডিন ক্লোরাইড বা ব্রোমাইড হইতে ক্লোরিন বা ব্রোমিন মুক্ত করিতে পারে না।

$$2KX + Cl_2 = 2KCl + X_2 \quad [X = Br, I]$$
$$2KI + Br_2 = 2KBr + I_2$$

(ঝ) অক্সাইড ও অক্সি-অ্যাসিড গঠন ক্ষমতা : তিনটি মৌলই বিভিন্ন অক্সাইড ও অক্সি-অ্যাসিড গঠন করে। ক্লোরিনের ক্ষেত্রে Cl_2O, ClO_2, Cl_2O_6, Cl_2O_7 অক্সাইডগুলি জানা আছে। ব্রোমিন Br_2O, BrO_2, Br_3O_8 ইত্যাদি অস্থায়ী অক্সাইড গঠন করে। আয়োডিন I_2O_4, I_4O_9, I_4O_5 ইত্যাদি অপেক্ষাকৃত স্থায়ী অক্সাইড দেয়।

তিন হ্যালোজেনই HOX এবং HXO_3 সাধারণ সঙ্কেতবিশিষ্ট অক্সি-অ্যাসিড গঠন করে। ক্লোরিন ও আয়োডিন যথাক্রমে পারক্লোরিক, $HClO_4$ এবং পার-আয়োডিক অ্যাসিড, HIO_4 গঠন করে। ক্লোরিন হইতে আয়োডিন পর্যন্ত অক্সি-অ্যাসিডগুলির ক্রমবর্ধমান স্থায়িত্ব লক্ষ্য করা যায়। এই সকল অক্সাইড ও অক্সি-অ্যাসিডে হ্যালোজেন মৌলগুলির বিভিন্ন যোজ্যতা দেখা যায়।

হ্যালোজেন মৌলগুলির অপরা-ধর্মিতা পারমাণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে কমিতে থাকে। আয়োডিন কোন কোন যৌগে স্পষ্টতই পরা-তড়িৎধর্মী মৌলের ন্যায় ব্যবহার করে, যেমন ICl, ICl_3 ইত্যাদি।

ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনের শিল্পপ্রস্তুতি : এই তিনটি মৌলের শিল্পপ্রস্তুতি পাঠ্যসূচীর অন্তর্ভুক্ত নহে। তবুও পদ্ধতিগুলির বিক্রিয়া জানা দরকার, সেইজন্য বিক্রিয়াগুলি সংক্ষেপে আলোচনা করা হইল।

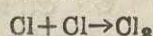
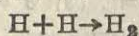
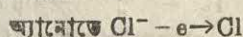
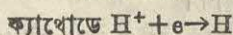
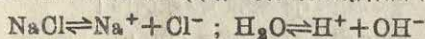
ক্লোরিনের শিল্পপ্রস্তুতি : তিনটি ভিন্ন প্রণালীতে ক্লোরিনের শিল্পোৎপাদন করা হয়।

(ক) তড়িৎ বিশ্লেষণ প্রণালী (Electrolytic method) : এই পদ্ধতিতে সুলভ ও সহজপ্রাপ্য খাদ্য লবণের (NaCl) তড়িৎবিশ্লেষণ করিয়া ক্লোরিন উৎপাদন করা হয়। এইভাবে প্রাপ্ত ক্লোরিন বেশ বিশুদ্ধ ও গাঢ় হয়। অধুনা শিল্পে ও অন্যান্য কাজে ব্যবহৃত ক্লোরিনের প্রায় সবটুকুই এই প্রক্রিয়াজাত। প্রকৃতপক্ষে সোডিয়াম ধাতু নিষ্কাশনে বা সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইডের শিল্প উৎপাদনের উপজাত হিসাবেই ক্লোরিন পাওয়া যায়।

সমুদ্রের জলকে সোডিয়াম ক্লোরাইডের উৎস হিসাবে ব্যবহার করা হয়। সমুদ্রের জল আংশিক বাষ্পীভূত করিয়া প্রথমে লবণের গাঢ় দ্রবণ তৈয়ারী করা হয়—ইহার নাম ব্রাইন। উপযুক্ত তড়িৎদ্বার ব্যবহার করিয়া ইহার মধ্যে বিদ্যুৎপ্রবাহ পরিচালনা করিলে লবণ বিশ্লেষিত হইয়া অ্যানোডে ক্লোরিন নির্গত করে।

$$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^- \ ; \ H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

ক্যাথোডে $H^+ + e \rightarrow H$ অ্যানোডে $Cl^- - e \rightarrow Cl$

$H + H \rightarrow H_2$ $Cl + Cl \rightarrow Cl_2$

(খ) ওয়েলডন প্রণালী (Weldon process) : এই পদ্ধতির বিক্রিয়া ল্যাবরেটরী পদ্ধতির অনুরূপ। খনিজ পাইরোলুসাইট, MnO_2 (ইহাতে 10% Fe_2O_3 থাকে) ও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশ্রণ ষ্টীমের সাহায্যে উত্তপ্ত করিয়া ক্লোরিন উৎপাদন করা হয়। $MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$

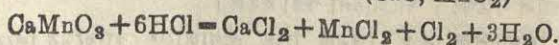
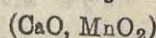
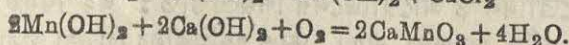
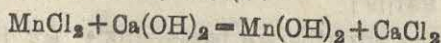
এই বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের একাংশ ক্লোরিন মৌলে পরিণত হয়। বাকীটা জারক দ্রব্যকে বিজারিত করিয়া $MnCl_2$এ পরিণত হয়। এই $MnCl_2$ কে পুনরায় জারক পদার্থে রূপান্তর ও উহার ব্যবহার এই পদ্ধতির বৈশিষ্ট্য।

একটি ট্যাঙ্কে $MnCl_2$এর দ্রবণ লইয়া উহাতে চুনাপাথর ($CaCO_3$) যোগ করা হয়। ফলে অতিরিক্ত অ্যাসিড প্রশমিত হয় এবং অপ্রয়োজনীয় পদার্থ ফেরিক ক্লোরাইড (Fe_2O_3 এবং HClএর বিক্রিয়ায় প্রাপ্ত) ফেরিক হাইড্রোক্সাইড-রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। দ্রবণটি থিতাইয়া গেলে উপর হইতে ম্যাঙ্গানিজ ক্লোরাইড দ্রবণ অন্য প্রকোষ্ঠে স্থানান্তরিত করিয়া গোলা চুন (milk of lime) মিশ্রিত করা হয় এবং ইহাতে ষ্টীম ও বাতাস এমনভাবে প্রবাহিত করা হয় যাহাতে তাপমাত্রা 60°C থাকে। এই ব্যবস্থায় $MnCl_2$ ক্যালসিয়াম ম্যাঙ্গানেটে জারিত হয় যাহা দ্বারা পুনরায় HClএর জারণ সম্ভব হয়। উৎপন্ন ক্যালসিয়াম ম্যাঙ্গানেট কাদার মত নীচে জমা হইতে থাকে। ইহাকে ওয়েলডন মাড্ (Weldon mud) বলা হয়।

$$MnCl_2 + Ca(OH)_2 = Mn(OH)_2 + CaCl_2$$

$$2Mn(OH)_2 + 2Ca(OH)_2 + O_2 = 2CaMnO_3 + 4H_2O.$$

$$(CaO, MnO_2)$$

$$CaMnO_3 + 6HCl = CaCl_2 + MnCl_2 + Cl_2 + 3H_2O.$$

এই প্রণালীতে গাঢ় ও অপেক্ষাকৃত বিশুদ্ধ ক্লোরিন পাওয়া গেলেও হাইড্রোক্লোরিক

অ্যাসিড সম্পূর্ণভাবে ক্লোরিনে জারিত হইতে পারে না। বর্তমানে এই প্রণালী প্রায় অচল।

ডিকন প্রণালী (Deacon Process): এই পদ্ধতির মূল নীতি হইল কপার ক্লোরাইড প্রভাবকের উপস্থিতিতে বাতাসের অক্সিজেন দ্বারা গ্যাসীয় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে ক্লোরিনে জারিত করা।

$$4HCl + O_2 = 2Cl_2 + 2H_2O.$$

এই জারণক্রিয়া এইভাবে ঘটে :

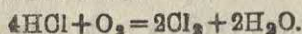
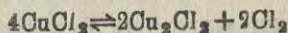
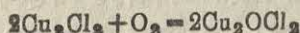
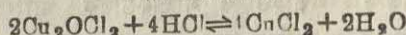
$$4CuCl_2 \rightleftharpoons 2Cu_2Cl_2 + 2Cl_2$$

কিউপ্রিক ক্লোরাইড   কিউপ্রাস ক্লোরাইড

$$2Cu_2Cl_2 + O_2 = 2Cu_2OCl_2$$

কপার অক্সি-ক্লোরাইড

$$2Cu_2OCl_2 + 4HCl \rightleftharpoons 4CuCl_2 + 2H_2O$$

$$4HCl + O_2 + [4CuCl_2] = 2Cl_2 + 2H_2O + [4CuCl_2]$$

এই বিক্রিয়া অবিরাম চক্রাকারে চলে এবং কিউপ্রাস ক্লোরাইড অক্সিজেন বাহকরূপে কাজ করে।

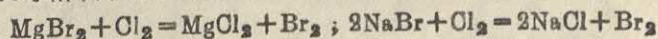
এইভাবে প্রাপ্ত ক্লোরিন বিশুদ্ধ নহে, তবে উহা ব্লিচিং পাউডার প্রভৃতি প্রস্তুতিতে নির্বিঘ্নে ব্যবহৃত হয়।

ব্রোমিনের শিল্প-প্রস্তুতি : স্টাসফার্ট স্তূপের খনিজ কার্নালাইট ($KCl, MgCl_2$ $6H_2O$) এবং সমুদ্রের জল এই দুই উৎস হইতেই ব্রোমিনের শিল্পোৎপাদন হয়।

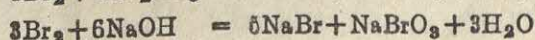
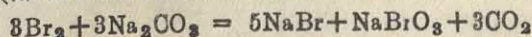
(ক) কার্নালাইট হইতে : কার্নালাইটে সামান্য পরিমাণ ম্যাগনেসিয়াম ব্রোমাইড ও সোডিয়াম ব্রোমাইড থাকে। চূর্ণ কার্নালাইটের জলীয় দ্রবণ হইতে অপেক্ষাকৃত কম দ্রাব্য পটাসিয়াম ক্লোরাইড কেলাসিত করিবার পর যে শেষ দ্রব বা বিটার্ন (bittern) পাওয়া যায় তাহাতে ম্যাগনেসিয়াম ব্রোমাইড ও ক্লোরাইড দ্রবীভূত থাকে। ইহাতে প্রায় 25% ব্রোমাইড লবণ আছে।

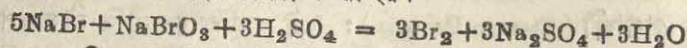
এই শেষ দ্রবের ম্যাগনেসিয়াম ব্রোমাইড হইতে ক্লোরিন দ্বারা ব্রোমিন মুক্ত করা হয়। $MgBr_2 + Cl_2 = MgCl_2 + Br_2$

(খ) সমুদ্রের জল হইতে : সমুদ্রজলে সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া ক্লোরিন গ্যাস দ্বারা সম্পৃক্ত করা হইলে ক্লোরিন সমুদ্রজলে দ্রবীভূত ব্রোমাইড হইতে ব্রোমিন নির্গত করে।

$$MgBr_2 + Cl_2 = MgCl_2 + Br_2 \; ; \; 2NaBr + Cl_2 = 2NaCl + Br_2$$

নির্গত ব্রোমিনকে জল হইতে বায়ুপ্রবাহের সাহায্যে ব্রোমিন বাষ্পরূপে বাহির করিয়া আনিয়া সোডিয়াম কার্বনেট বা সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড দ্রবণে শোষণ করা হয়। ইহার ফলে দ্রাব্য সোডিয়াম ব্রোমাইড ও ব্রোমেট লবণ উৎপন্ন হয়।

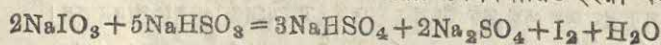
$$3Br_2 + 3Na_2CO_3 = 5NaBr + NaBrO_3 + 3CO_2$$

$$3Br_2 + 6NaOH = 5NaBr + NaBrO_3 + 3H_2O$$

এই দ্রবণ পুনরায় সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা আম্লিক করিলেই ব্রোমিন নির্গত হয়; ইহা স্টীম দ্বারা বাহির করিয়া লওয়া হয়।

$$5NaBr + NaBrO_3 + 3H_2SO_4 = 3Br_2 + 3Na_2SO_4 + 3H_2O$$

আয়োডিনের শিল্প প্রস্তুতি: (ক) সামুদ্রিক উদ্ভিদভস্ম হইতে: সামুদ্রিক উদ্ভিদগুলি শুষ্ক করিয়া মৃদু তাপে ভস্মীভূত করিলে যে ভস্ম বা কেল্‌প (Kelp) পাওয়া যায় তাহাতে প্রায় 1% আয়োডিন সোডিয়াম ও পটাসিয়াম আয়োডাইড রূপে থাকে। এই ভস্ম জল দ্বারা ফুটাইলে আয়োডাইড লবণসহ অন্যান্য দ্রাব্য লবণগুলি দ্রবণে চলিয়া যায় এবং ফিলটার করিয়া অদ্রাব্য পদার্থ পৃথক করা হয়। পরিস্রুত স্বচ্ছ দ্রবণ তাপ প্রয়োগে গাঢ় করিয়া শীতল করিলে অপেক্ষাকৃত কম দ্রবণীয় ক্লোরাইড ও সালফেট কেলাসাকারে পৃথক হইয়া পড়ে। ফিলটার করিয়া যে শেষ দ্রব পাওয়া যায় তাহাতে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে আয়োডিন বাষ্পাকারে পাতিত হয়।

(খ) চিলির ক্যালিচি ($NaNO_3$) হইতে: আয়োডিনের পণ্য উৎপাদনে ইহা একটি প্রধান উৎস। ইহাতে 2% আয়োডিন সোডিয়াম আয়োডেটরূপে থাকে।

ক্যালিচির জলীয় দ্রবণ গাঢ় করিয়া শীতল করিলে উহা হইতে অপেক্ষাকৃত কম দ্রাব্য সোডিয়াম নাইট্রেট কেলাসাকারে পৃথক হয়। ফিলটার করিয়া যে পরিস্রুত পাওয়া যায় তাহাতে পরিমাণমত সোডিয়াম হাইড্রোজেন সালফাইট মিশাইলে পরিস্রুতে উপস্থিত সোডিয়াম আয়োডেট আয়োডিনে বিজারিত হইয়া অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$2NaIO_3 + 5NaHSO_3 = 3NaHSO_4 + 2Na_2SO_4 + I_2 + H_2O$$

অধঃক্ষিপ্ত আয়োডিন পৃথক করিয়া ঊর্ধ্বপাতিত করা হয়।

চতুর্থ অধ্যায়

অধাতুর অক্সাইডসমূহ

[Syllabus : Oxides—CO, CO_2, SiO_2, N_2O, NO, N_2O_3, N_2O_4, N_2O_5, P_4O_6, P_4O_{10}, SO_2, SO_3.]

কার্বনের অক্সাইডদ্বয় : কার্বনের প্রধানতঃ দুইটি অক্সাইড আছে। কার্বন মনোক্সাইড CO, ও কার্বন ডাই-অক্সাইড, CO_2। উভয় অক্সাইডই গ্যাসীয় পদার্থ, কিন্তু ইহাদের রাসায়নিক ধর্মে সাদৃশ্য নাই বলিলেই চলে।

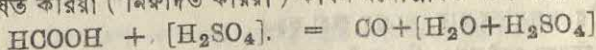
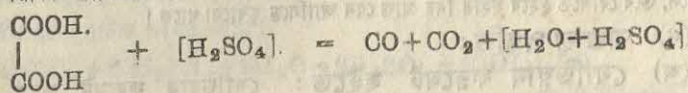
কার্বন মনোক্সাইড [CO]

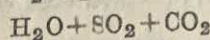
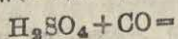
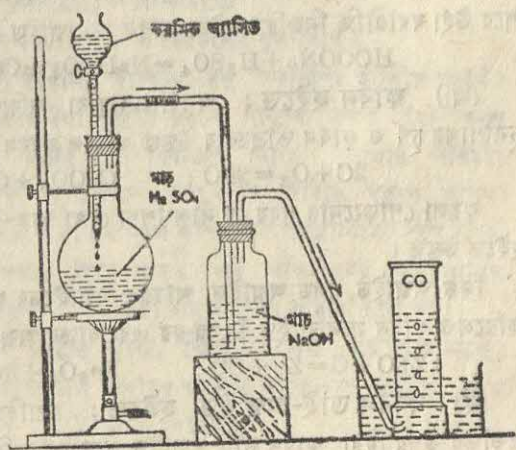
1766 খ্রী: ল্যাসঁ (Lasson) কার্বন ও জিঙ্ক অক্সাইড উত্তপ্ত করিয়া প্রথমে কার্বন মনোক্সাইড প্রস্তুত করেন। প্রকৃতিতে আগ্নেয়গিরি হইতে নির্গত গ্যাসে উহা অতি সামান্য পরিমাণে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি : (ক) ফরমিক বা অক্সালিক অ্যাসিডের নিরুদন দ্বারা :

ল্যাবরেটরী পদ্ধতি : ল্যাবরেটরীতে ফরমিক বা অক্সালিক অ্যাসিড নামক জৈব অ্যাসিডকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা উত্তপ্ত করিয়া কার্বন মনোক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড এই সকল জৈব অ্যাসিডের অণু হইতে জল শোষিত করিয়া (নিরুদিত করিয়া) কার্বন মনোক্সাইড গঠন করে।

$$\underset{\text{ফরমিক অ্যাসিড}}{HCOOH} + [H_2SO_4] = CO + [H_2O + H_2SO_4]$$

$$\underset{\text{অক্সালিক অ্যাসিড}}{\begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix}} + [H_2SO_4] = CO + CO_2 + [H_2O + H_2SO_4]$$

এই বিক্রিয়া দুইটিতে সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তন হয় না এবং উহার পুনর্ব্যবহার চলে, কিন্তু উৎপন্ন কার্বন মনোক্সাইড খুব সামান্য পরিমাণে ইহাকে বিজারিত করিয়া অল্প সালফার ডাই-অক্সাইড দিতে পারে।

$$H_2SO_4 + CO = H_2O + SO_2 + CO_2$$

ফরমিক অ্যাসিড হইতে প্রস্তুতির বর্ণনা : বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গম নলযুক্ত একটি গোলতল ফ্লাস্কে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড লওয়া হয়। নির্গম নলের অপর প্রান্ত ঘন কষ্টিক সোডা দ্রবণের মধ্যে দুই মুখযুক্ত গ্যাস প্রক্ষালন বোতলে

চিত্র ২ (৪৬)—ল্যাবরেটরীতে কার্বন মনোক্সাইড প্রস্তুতি

ডুবানো থাকে। বোতলের অপর মুখে লাগানো আছে আরো একটি নির্গম নল। অতঃপর ফ্লাস্কের সালফিউরিক অ্যাসিড 100°C তাপাঙ্কে গরম করিয়া উহাতে বিন্দুপাতী ফানেল হইতে ফোঁটা ফোঁটা ফরমিক অ্যাসিড ফেলা হয়। ফরমিক অ্যাসিড নিরুদিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন করে এবং ইহা নির্গম নল দিয়া গাঢ় কষ্টিক সোডা দ্রবণের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হওয়ার পর জলের নিম্নাপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়। যে সামান্য পরিমাণ সালফার ডাই-অক্সাইড, কার্বন ডাই-অক্সাইড, উৎপন্ন হয় তাহা কষ্টিক সোডা দ্রবণে শোষিত হয়।

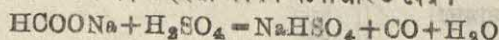
অক্সালিক অ্যাসিড হইতে প্রস্তুতির বর্ণনা: কিছু বিচূর্ণ অক্সালিক অ্যাসিড গোলতল ফ্লাস্কে লইয়া বিন্দুপাতী ফানেল হইতে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড মিশানো হইল। এই মিশ্রণ ধীরে ধীরে প্রায় 60°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে অক্সালিক অ্যাসিড হইতে প্রায় সমপরিমাণ কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয়। এই গ্যাস মিশ্রণ কষ্টিক সোডা দ্রবণের মধ্য দিয়া চালনা করার পর জলের নিম্নাপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়। কষ্টিক সোডা দ্রবণ কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং সালফার ডাই-অক্সাইড (ইহা সামান্য পরিমাণে উৎপন্ন হয়) শোষিত করিয়া লয়।

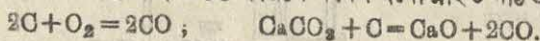
শুষ্ক গ্যাস পাইতে হইলে এই গ্যাস ফসফরাস পেন্টোক্সাইডের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া মার্কারীর অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

উভয় পদ্ধতির যন্ত্রসজ্জা একই রূপ। বিন্দুপাতী ফানেল ব্যবহার না করিয়া দীর্ঘনাল ফানেল ব্যবহার করা চলে, তবে দেখিতে হইবে ইহার নিম্ন প্রান্ত যেন অ্যাসিডে ডুবানো থাকে।

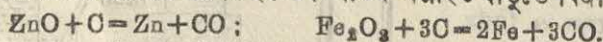
(খ) অন্যান্য পদ্ধতি:

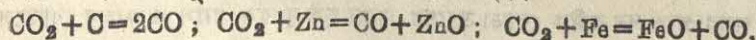
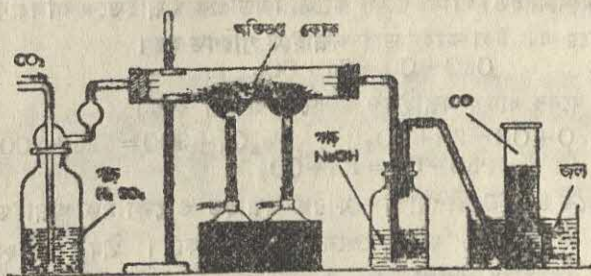
(অ) সোডিয়াম ফরমেট হইতে: সোডিয়াম ফরমেট লবণ ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলেও কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়। ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড প্রথমে সোডিয়াম ফরমেট হইতে ফরমিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে, পরে উহা যথারীতি নিরুদিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইড দেয়।

$$HCOONa + H_2SO_4 = NaHSO_4 + CO + H_2O$$

(আ) কার্বন হইতে: অপর্যাপ্ত বায়ু বা অক্সিজেনে কার্বন পুড়াইলে অথবা চুনাপাথর চূর্ণ ও কার্বন তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে কার্বন মনোক্সাইড গঠিত হয়।

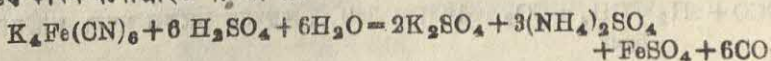
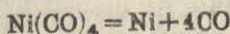
$$2C + O_2 = 2CO \; ; \quad CaCO_3 + C = CaO + 2CO.$$

কয়লা পোড়ানোর সময় যে নীল শিখা দেখা যায় উহা কার্বন মনোক্সাইডের দহন হইতে উদ্ভূত।

জিঙ্ক অক্সাইড, লেড অক্সাইড, আয়রন অক্সাইডের সহিত কার্বন মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলেও কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং ধাতব অক্সাইড ধাতুতে বিজারিত হয়।

$$ZnO + C = Zn + CO \; ; \quad Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO.$$

(ই) কার্বন ডাই-অক্সাইড হইতে: লোহিততপ্ত কার্বন, জিঙ্ক, আয়রন প্রভৃতির উপর দিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রবাহিত করিলে উহা কার্বন মনোক্সাইডে বিজারিত হয়। ধাতুগুলি ধাতব অক্সাইডে জারিত হয়।

$$CO_2 + C = 2CO \; ; \; CO_2 + Zn = CO + ZnO \; ; \; CO_2 + Fe = FeO + CO.$$

কার্বন ডাই-অক্সাইড হইতে কার্বন মনোক্সাইড প্রস্তুতি—পদ্ধতি : একটি পোর্সেলিন বা লোহার নলে কাঠকয়লা রাখিয়া চুল্লীতে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়। নলের একপ্রান্ত দিয়া ধীরে ধীরে শুষ্ক কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসপ্রবাহ উত্তপ্ত কার্বনের উপর দিয়া চালনা করিলে অপর প্রান্ত দিয়া কার্বন মনোক্সাইড ও অপরিবর্তিত কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয়। নির্গত গ্যাসমিশ্রণ গাঢ় কষ্টিক সোডা দ্রবণের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষিত হয় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডমুক্ত কার্বন মনোক্সাইড জলের নিম্নাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।

চিত্র ২ (৪৭)—কার্বন ডাই-অক্সাইড হইতে কার্বন মনোক্সাইড প্রস্তুতি

(ঈ) পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইডকে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড সহ উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ কার্বন মনোক্সাইড পাওয়া যায়।

$$K_4Fe(CN)_6 + 6\ H_2SO_4 + 6H_2O = 2K_2SO_4 + 3(NH_4)_2SO_4 + FeSO_4 + 6CO$$

(উ) নিকেল টেট্রা কার্বনিলকে উত্তাপে বিযোজিত করিয়াও কার্বন মনোক্সাইড পাওয়া যায়। $Ni(CO)_4 = Ni + 4CO$

নিকেল টেট্রা কার্বনিল কার্বন মনোক্সাইড ও নিকেলের যুক্ত-যৌগ।

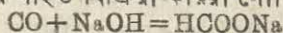
ধর্ম : ভৌত—(১) ইহা বর্ণহীন, স্বাদহীন, মৃদু গন্ধবিশিষ্ট গ্যাসীয় পদার্থ। স্বাভাবিক চাপে—191°C শীতলতায় ইহা বর্ণহীন তরলে পরিণত হয়। (২) জলে ইহা প্রকৃতপক্ষে অদ্রাব্য। (৩) ইহার তীব্র বিষক্রিয়া আছে। সামান্য পরিমাণ (0 6%) কার্বন মনোক্সাইড-মিশ্রিত বায়ু প্রশ্বাসের সঙ্গে গ্রহণ করিলে মৃত্যুর আশঙ্কা থাকে। ইহা প্রাণিদেহে প্রবেশ করিলে রক্তের লাল কণিকা হিমোগ্লোবিনের সঙ্গে ক্রিয়া করে, ফলে ইহার অক্সিজেন বহনক্ষমতা লোপ পায়। এই অক্সিজেনের অভাবজনিত কারণেই শ্বাসগ্রহণকারীর মৃত্যু হয়। (৪) ইহা বায়ু অপেক্ষা সামান্য হাল্‌কা।

রাসায়নিক : (১) ইহা নিজে দাহ্য, কিন্তু দহনের সহায়ক নহে। বায়ু বা অক্সিজেনে কার্বন মনোক্সাইড নীল শিখাসহ জ্বলিতে থাকে এবং জারিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈরী করে। $2CO + O_2 = 2CO_2$

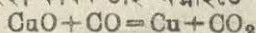
এই বিক্রিয়াকালে প্রচুর তাপের উৎপত্তি হয়।

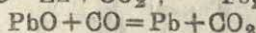
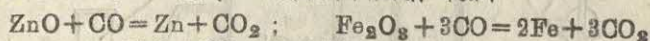
(২) **ইহা একটি প্রশম অক্সাইড।** লিটমাসের উপর ইহার কোন ক্রিয়া

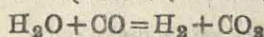
যাই। ইহা সাধারণভাবে সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড প্রভৃতি ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া করে না। কিন্তু অতিরিক্ত চাপে এবং 200°C তাপমাত্রায় ইহা কঠিন সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সোডিয়াম ফরমেট লবণ উৎপন্ন করে।

$$CO + NaOH = HCOONa$$

(৩) উচ্চ তাপমাত্রায় কার্বন মনোক্সাইড একটি শক্তিশালী বিজারক। ইহা অনেক ধাতব অক্সাইডকে উচ্চ তাপাঙ্কে ধাতুতে বিজারিত করে এবং নিজে কার্বন ডাই-অক্সাইডে জারিত হয়।

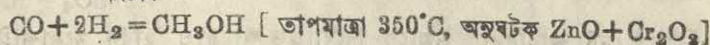
কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস উত্তপ্ত কালো কিউপ্রিক অক্সাইডকে লালবর্ণের কপারে বিজারিত করে এবং ইহা কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$CuO + CO = Cu + CO_2$$

অন্যান্য অনেক ধাতব অক্সাইডও এইরূপে বিক্রিয়া করে।

$$ZnO + CO = Zn + CO_2 \; ; \quad Fe_2O_3 + 3CO = 2Fe + 3CO_2$$
$$PbO + CO = Pb + CO_2$$

ইহা স্টীমকে 550°C তাপমাত্রায় ফেরিক অক্সাইড ও ক্রোমিক অক্সাইড মিশ্রণের (অনুঘটক) উপস্থিতিতে হাইড্রোজেনে বিজারিত করে। স্টীম হইতে হাইড্রোজেন পাওয়ার এই পদ্ধতি বস্ প্রণালী (Bosch process) নামে পরিচিত।

$$H_2O + CO = H_2 + CO_2$$

(৪) বিভিন্ন তাপমাত্রায়, বিভিন্ন অনুঘটকের সাহায্যে কার্বন মনোক্সাইড হাইড্রোজেন দ্বারা বিভিন্ন জৈব যৌগে পরিণত হয়।

$2CO + 2H_2 = \underset{\text{মিথেন}}{CH_4} + CO_2$ (তাপমাত্রা 380°C, অনুঘটক নিকেল অথবা প্লাটিনাম)

$CO + 2H_2 = \underset{\text{মিথাইল অ্যালকোহল}}{CH_3OH}$ [তাপমাত্রা 350°C, অনুঘটক $ZnO + Cr_2O_3$]

(৫) কার্বন মনোক্সাইড কয়েকটি অধাতব ও ধাতব মৌল এবং যৌগের সহিত সরাসরি যুক্ত হইয়া যুত-যৌগ গঠন করে। ইহাদিগকে বলা হয় 'কার্বনিল' যৌগ।

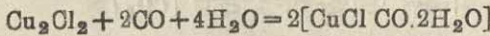
কার্বন পরমাণু চতুর্যোজী ; কিন্তু কার্বন মনোক্সাইডের কার্বন দ্বি-যোজী পরমাণুর ন্যায় ব্যবহার করে। ফলে ইহাতে কার্বন পরমাণুর যোজনক্ষমতা পরিপৃক্ত নহে এবং এই অপরিপৃক্ততার জন্যই ইহার যুত-যৌগ গঠনের প্রবণতা আছে।

সূর্যালোকে কার্বন মনোক্সাইড ক্লোরিনের সহিত সরাসরি যুক্ত হইয়া কার্বনিল ক্লোরাইড নামক যুত-যৌগ উৎপন্ন করে। কার্বনিল ক্লোরাইড একটি বিষাক্ত বর্ণহীন গ্যাস, ইহা ফসজিন নামেও পরিচিত। $CO + Cl_2 = COCl_2$

উত্তপ্ত সালফার বাষ্প ও কার্বন মনোক্সাইডের বিক্রিয়ায় গঠিত হয় কার্বনিল সালফাইড। $CO + S = COS$

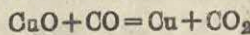
40°C তাপমাত্রায় সামান্য উত্তপ্ত নিকেল এবং 120°C তাপমাত্রায় আয়রন কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস শোষণ করিয়া 'কার্বনিল' যুত-যৌগ গঠন করে। উভয় কার্বনিলই তরল পদার্থ। $Ni + 4CO = \underset{\text{নিকেল টেট্রা কার্বনিল}}{Ni(CO)_4}$; $Fe + 5CO = \underset{\text{আয়রন পেণ্টাকার্বনিল}}{Fe(CO)_5}$

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণ কার্বন মনোক্সাইডকে শোষণ করে এবং একটি সাদা কেলাসাকার অধঃক্ষেপ সৃষ্টি করে। ইহা প্রকৃতপক্ষে কার্বন মনোক্সাইড ও কিউপ্রাস ক্লোরাইডের যুত-যৌগ।

$$Cu_2Cl_2 + 2CO + 4H_2O = 2[CuCl\ CO.2H_2O]$$

পরীক্ষার সাহায্যে কার্বন মনোক্সাইডের বিজারণধর্মের প্রমাণ :

একটি শক্ত মোটা কাচের নলের দুই প্রান্তে কর্কের সাহায্যে দুইটি ছোট কাচনল প্রবেশ করানো হয়। একটি কাচনল দিয়া কার্বন মনোক্সাইড মোটা কাচনলের ভিতরে প্রবেশ করে। অপর নলটি নির্গম নল হিসাবে ব্যবহৃত হয়। নির্গম নলের একটি মুখ চুনজলপূর্ণ একটি বোতলে প্রবেশ করানো হয়।

মোটা কাচনলে কালো কিউপ্রিক অক্সাইড রাখিয়া কাচনলের মধ্য দিয়া কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস প্রবাহিত করা হয়। অতঃপর কাচনলের কিউপ্রিক অক্সাইড কার্বন মনোক্সাইড গ্যাসপ্রবাহে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়। দেখা যায়, কিউপ্রিক অক্সাইড ধীরে ধীরে কার্বন মনোক্সাইড দ্বারা বিজারিত হইয়া লালবর্ণের ধাতব কপারে পরিণত হয় এবং নির্গম নল দিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হইয়া বোতলের স্বচ্ছ চুনজলকে ঘোলা করিতে থাকে। অবিকৃত কার্বন মনোক্সাইডকে বোতলের অপর নির্গম নলের মুখে জ্বালাইয়া দেওয়া হয়। বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হইলে কার্বন মনোক্সাইড প্রবাহ বন্ধ করা হয় এবং কাচনল ঘরের তাপমাত্রায় ঠাণ্ডা হইতে দেওয়া হয়। কাচনলের লাল অবশেষ ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া নীলবর্ণের দ্রবণ তৈরী করে এবং বাদামী গ্যাস নির্গত করে। ইহাতে লালবর্ণের পদার্থ যে কপার ইহা প্রমাণিত হয়।

$$CuO + CO = Cu + CO_2$$

ইএ পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত হয় যে কার্বন মনোক্সাইড উত্তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইডকে ধাতব কপারে বিজারিত করে এবং নিজে কার্বন ডাই-অক্সাইডে জারিত হয়।

ব্যবহার : (১) ওয়াটার গ্যাস, প্রোডিউসার গ্যাস প্রভৃতি গ্যাসীয় জ্বালানীর উপাদান হিসাবে তাপোৎপাদক জ্বালানীরূপে ব্যবহৃত হয়। (২) ধাতুর নিষ্কাশনে ধাতব অক্সাইডকে বিজারিত করিতে ব্যবহৃত হয়। (৩) ফরমেট লবণ এবং ফসজিন নামক বিষাক্ত গ্যাস প্রস্তুতিতে ইহার ব্যবহার আছে। (৪) মিথেন, মিথাইল, অ্যালকোহল প্রভৃতি জৈবযৌগ এবং কৃত্রিম পেট্রল প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

পরিচায়ক পরীক্ষা : (১) একটি কার্বন মনোক্সাইডপূর্ণ গ্যাসজারে জলন্ত কাঠি প্রবেশ করাইলে গ্যাসটি নীল শিখাসহ জলে, কিন্তু শলাকা নিভিয়া যায়। এই প্রজলনে কার্বন মনোক্সাইড পুড়িয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। গ্যাসজারে চুনজল দিয়া ঝাঁকাইলে স্বচ্ছ চুনজল ঘোলা হয়।

(২) ইহা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণে শোষিত হয়।

(৩) অ্যামোনিয়া-মিশ্রিত স্বচ্ছ সিলভার নাইট্রেট দ্রবণে কার্বন মনোক্সাইড প্রবাহিত করিলে ইহা বাদামী বর্ণে রূপান্তরিত হয়।

এখানে মনে রাখা দরকার হাইড্রোজেন ও কার্বন মনোক্সাইড উভয়েই দাহ্য গ্যাস এবং উভয়েই নীল শিখা

সহ জ্বলে। কিন্তু হাইড্রোজেন জ্বলিয়া উৎপন্ন হয় জল—যাহা অনার্দ্র সাদা কপার সালফেটকে নীল করে এবং কার্বন মনোক্সাইড পুড়িয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় যাহা চুনজলকে ঘোলাটে করে।

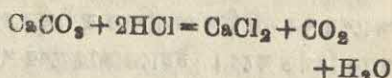
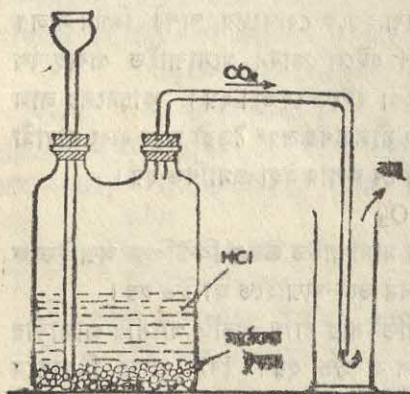
কার্বন ডাই-অক্সাইড [CO_2]

কাঠ ও অন্যান্য পদার্থ পুড়াইয়া 1630 খ্রীঃ এই গ্যাস প্রথম আবিষ্কার করেন বিজ্ঞানী ভন্ হেলমন্ট (Von Helmont)। তিনি ইহার নাম দিয়াছিলেন 'গ্যাস সিলভেষ্টার (gas sylvestre)। 1754 খ্রীঃ বিজ্ঞানী ব্ল্যাক (Black) জলে ইহার দ্রাব্যতা লক্ষ্য করিয়া নাম দেন স্থির বায়ু (fixed air)। বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার 1783 খ্রীঃ প্রথম প্রমাণ করেন ইহা কার্বন ও অক্সিজেনের একটি দ্বিযৌগ এবং গ্যাসের অ্যাসিডধর্মের জন্য ইহার নাম করেন কার্বনিক অ্যাসিড গ্যাস। তবে সাধারণতঃ ইহা কার্বন ডাই-অক্সাইড বলিয়াই পরিচিত।

বায়ুমণ্ডলে আয়তন হিসাবে ইহা প্রায় শতকরা 0·03 ভাগ আছে। উদ্ভিদজগতের অস্তিত্ব ও বৃদ্ধি এই কার্বন ডাই-অক্সাইডের উপর নির্ভরশীল। কোন কোন প্রস্রবণের জলের সহিত এবং আগ্নেয়গিরির সন্নিকটস্থ ভূপৃষ্ঠের ফাটল হইতে অনেক সময় কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হইতে দেখা যায়।

প্রস্তুতি: (ক) ধাতব কার্বনেট ও লঘু অজৈব অ্যাসিডের বিক্রিয়ায়:

ল্যাবরেটরী পদ্ধতি: সাধারণ তাপমাত্রায় মার্বেল পাথরের (চুনাপথর, $CaCO_3$) উপর লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ল্যাবরেটরীতে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।

$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + CO_2 + H_2O$$

একটি উলফ বোতলে ছোট ছোট মার্বেলের টুকরা লইয়া সামান্য জল দ্বারা উহা ডুবাইয়া রাখা হয়। বোতলের একমুখে কর্কের মাধ্যমে একটি দীর্ঘনাল ফানেল যুক্ত—যাহার নিম্নপ্রান্ত জলের নীচে ডুবানো থাকে। অপর মুখে একটি বাঁকানো নির্গমনল থাকে। নির্গমনলের নিম্নপ্রান্ত জলের অনেক উপরে রাখা হয়।

চিত্র ২ (৪৮)—ল্যাবরেটরীতে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি

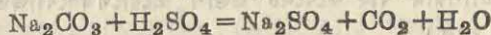
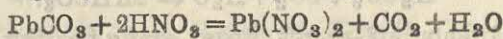
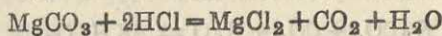
অতঃপর লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দীর্ঘনাল ফানেল দিয়া ঢালা হয়। কার্বনেট ও লঘু অ্যাসিডের সংস্পর্শমাত্রই বিক্রিয়া সুরু হয় এবং বুদ্‌বুদ আকারে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গম নল দিয়া বাহির হইতে থাকে।

ইহা বায়ু অপেক্ষা প্রায় $1\frac{1}{2}$ গুণ ভারী বলিয়া বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।

ল্যাবরেটরীতে এইভাবে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডে সামান্য পরিমাণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বাষ্প ও জলীয় বাষ্প অশুদ্ধি হিসাবে থাকে। এই গ্যাস পর্যায়ক্রমে সোডিয়াম বাই-কার্বনেট দ্রবণ এবং ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া প্রবাহিত

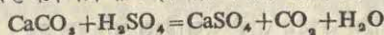
করিয়া যথাক্রমে অ্যাসিড ও জলীয় বাষ্পমুক্ত করা হয়। বিশুদ্ধ গ্যাস মার্কারীর নিম্নাপসারণ দ্বারাও সংগ্রহ করা যাইতে পারে।

অন্যান্য কার্বনেট হইতেও অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়। যেমন—

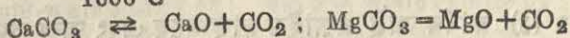
$$MgCO_3 + 2HCl = MgCl_2 + CO_2 + H_2O$$
$$PbCO_3 + 2HNO_3 = Pb(NO_3)_2 + CO_2 + H_2O$$
$$Na_2CO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + CO_2 + H_2O$$

কিপযন্ত্রে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি : প্রয়োজনমত নিয়মিত ও অতিরিক্ত পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড পাইতে হইলে কিপযন্ত্রে উহা উৎপাদন করা হয়।

কিপযন্ত্রের বর্ণনা ও কার্যপ্রণালী হাইড্রোজেন প্রস্তুতির কালে দেওয়া হইয়াছে শুধুমাত্র মধ্য গোলকে চুনাপাথর ($CaCO_3$) লইতে হয় এবং উপরের গোলকের ফানেল দিয়া লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢালা হয়।

দ্রষ্টব্য : মার্বেল বা চুনাপাথর হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতিকালে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয় না। লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড ও ক্যালসিয়াম কার্বনেটের বিক্রিয়ায় প্রথমে কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয় বটে কিন্তু সঙ্গে সঙ্গে গঠিত হয় প্রায় অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সালফেট।

$$CaCO_3 + H_2SO_4 = CaSO_4 + CO_2 + H_2O$$

এই প্রায় অদ্রবণীয় ক্যালসিয়াম সালফেট মার্বেলের উপর একটি স্তর সৃষ্টি করিয়া অ্যাসিড ও মার্বেলের সংস্পর্শের ব্যাঘাত ঘটায়। ফলে প্রথমে বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইলেও ক্রমে গ্যাস নির্গমন বন্ধ হইয়া যায়। কিন্তু লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে উদ্ভূত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড খুব দ্রাব্য বলিয়া ঐরূপ অসুবিধা হয় না।

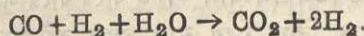
(খ) **উত্তাপে প্রয়োগে ধাতব কার্বনেট ও বাই-কার্বনেটের বিযোজন দ্বারা :** ক্ষার ধাতুর কার্বনেট (Na_2CO_3, K_2CO_3) এবং বেরিয়াম কার্বনেট ($BaCO_3$) ব্যতীত সমস্ত ধাতব কার্বনেট উত্তাপ প্রয়োগে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও ধাতব অক্সাইডে বিযোজিত হয়। এই প্রণালীতে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতিতে সর্বাধিক ব্যবহৃত হয় চুনাপাথর।

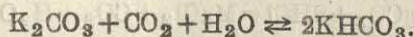
$$CaCO_3 \overset{1000^\circ C}{\rightleftharpoons} CaO + CO_2 \; ; \; MgCO_3 = MgO + CO_2$$

পোড়াচুন (CaO) প্রস্তুতির সময় কার্বন ডাই-অক্সাইড উপজাত দ্রব্য হিসাবে পাওয়া যায়। কার্বন ডাই-অক্সাইডের শিল্পপ্রস্তুতি এই প্রণালীতে হয়।

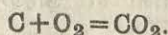
সোডিয়াম বাই-কার্বনেটকে উত্তপ্ত করিয়া ল্যাবরেটরীতে বিশুদ্ধ কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈরী করা যায়। $2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$.

(গ) **বহুল পরিমাণে কার্বন ডাই-অক্সাইড অধুনা ওয়াটার গ্যাস হইতে** প্রস্তুত করা হয়। লোহিততপ্ত কোকের উপর দিয়া স্টীম পরিচালনা করিয়া প্রথমে ওয়াটার গ্যাস প্রস্তুত করা হয়। $C + H_2O = CO + H_2$

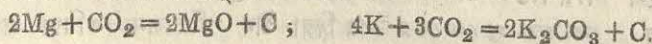
এই ওয়াটার গ্যাসের মধ্য দিয়া অনুঘটকের উপস্থিতিতে স্টীম পরিচালিত করিলে কার্বন মনোক্সাইড জারিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গঠন করে।

$$CO + H_2 + H_2O \rightarrow CO_2 + 2H_2.$$

এই গ্যাসমিশ্রণকে পটাসিয়াম কার্বনেট দ্রবণের মধ্য দিয়া পরিচালনা করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডকে শোষিত করিয়া লওয়া হয়। হাইড্রোজেন ও অপরিবর্তিত কার্বন মনোক্সাইড শোষিত না হইয়া বাহির হইয়া যায়।

$$K_2CO_3 + CO_2 + H_2O \rightleftharpoons 2KHCO_3.$$

দ্রবণের পটাসিয়াম বাই-কর্বনেট উত্তাপ প্রয়োগে বিযোজিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত করে।

(ঘ) এতদ্ব্যতীত কার্বন, কাঠ, কয়লা, তেল, পেট্রোল, গাছ, পাতা, কাগজ ইত্যাদি বা যে কোন উদ্ভিজ্জ বা জৈব যৌগ অতিরিক্ত বায়ুতে দহন করিলে কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়। $C + O_2 = CO_2$.

ধর্ম—ভৌত ঃ (১) ইহা বর্ণহীন, গন্ধহীন, সামান্য অম্লস্বাদযুক্ত গ্যাসীয় পদার্থ। চাপ বৃদ্ধি করিলে (প্রায় 60 অ্যাটমস্‌ফিয়ার চাপে, সাধারণ তাপমাত্রায়) গ্যাসীয় কার্বন ডাই-অক্সাইড সহজেই বর্ণহীন তরলে পরিণত হয়। এই বর্ণহীন তরলকে ষ্টীলের সিলিণ্ডারে রাখা যায়। তরল কার্বন ডাই-অক্সাইডকে সহসা বাষ্পীভূত হইতে দিলে উহার কিয়দংশ জমিয়া কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। উহা বরফের মতই সাদা এবং বরফ হইতেও অধিকতর ঠাণ্ডা। সামান্য তাপপ্রয়োগে, এমন কি সাধারণ চাপ ও তাপমাত্রায় ইহা পাতিত হইয়া গ্যাস উৎপন্ন করে। তরলে পরিণত না হইয়া সরাসরি বাষ্পে পরিণত হওয়ার জন্য কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইডে তরলের সিক্ততা অনুপস্থিত। এই কারণে হিমশীতল কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইডকে শুষ্ক বরফ (dry ice) বলা হয়। (২) ইহা বায়ু অপেক্ষা প্রায় $1\frac{1}{2}$ গুণ ভারী। সেইজন্য ইহা অনেক পরিত্যক্ত কূপে বা গর্তে সঞ্চিত হইতে দেখা যায়। (৩) কার্বন ডাই-অক্সাইড জলে দ্রাব্য। সাধারণ তাপমাত্রায় জলে ইহা প্রায় সমায়তন পরিমাণে দ্রবীভূত হয়। চাপ বৃদ্ধি করিলে দ্রবণীয়তা বাড়ে। ইহা জল অপেক্ষা অ্যালকোহলে বেশী দ্রাব্য। (৪) ইহা বিষাক্ত নহে, তবে প্রাণীর শ্বাসকার্যের সহায়ক নয়।

রাসায়নিক ঃ (১) কার্বন ডাই অক্সাইড দাহ্য নহে এবং অন্য পদার্থের দহনের সহায়ক নয়। তবে জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম, সোডিয়াম, পটাসিয়াম ধাতু এই গ্যাসে জ্বলিতে থাকে এবং সঙ্গে সঙ্গে কালো কার্বনকণা উৎপন্ন হইতে দেখা যায়। ধাতুগুলি অক্সাইড অথবা কার্বনেট গঠন করে। এই সব ধাতুর প্রজ্বলনকালে এত উষ্ণতার সৃষ্টি হয় যে কার্বন ডাই-অক্সাইড কার্বন ও অক্সিজেনে বিযোজিত হয়। বস্তুতঃ এই উৎপন্ন অক্সিজেনেই ধাতুগুলি জ্বলে।

$2Mg + CO_2 = 2MgO + C$; $4K + 3CO_2 = 2K_2CO_3 + C$.

এই সব বিক্রিয়া দ্বারাই কার্বন ডাই-অক্সাইডে কার্বনের উপস্থিতি প্রমাণিত হয়।

(২) ইহা একটি আম্লিক বা অ্যাসিডীয় অক্সাইড। ইহার জলীয় দ্রবণ মৃদু অ্যাসিডধর্মী। ইহাতে ভিজা লিটমাস কাগজ ধীরে ধীরে লাল হয়, তবে মিথাইল অরেঞ্জের সহিত ইহা কোন ক্রিয়া করে না। জলে দ্রবীভূত হইয়া ইহা কার্বনিক

অ্যাসিড গঠন করে, সেইজন্য ইহাকে কার্বনিক অ্যাসিডের নিরুদক (anhydride) বলা হয়। $H_2O + CO = H_2CO_3$

কার্বনিক অ্যাসিড একটি মৃদু, অস্থায়ী, দ্বিক্ষারীয় অ্যাসিড। জলীয় দ্রবণেই শুধু ইহার অস্তিত্ব জানা আছে।

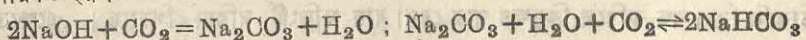
$H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$; $H_2CO_3 \rightleftharpoons 2H^+ + CO_3^{--}$

এই অ্যাসিড বাইকার্বনেট [$NaHCO_3$, $Ca(HCO_3)_2$ ইত্যাদি] এবং কার্বনেট [Na_2CO_3, $CaCO_3$ ইত্যাদি] দুই প্রকার লবণ উৎপন্ন করে।

আম্লিক অক্সাইড বলিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস বিভিন্ন ক্ষার দ্রবণে শোষিত হইয়া কার্বনেট ও বাই কার্বনেট লবণ গঠন করে।

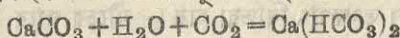
(ক) গ্যাসীয় কার্বন ডাই-অক্সাইড ও ক্ষারকীয় অক্সাইডের সংযোগে কার্বনেট লবণ উৎপন্ন হয়। $Na_2O + CO_2 = Na_2CO_3$; $CaO + CO_2 = CaCO_3$

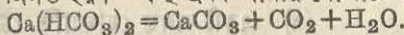
(খ) কষ্টিক সোডা দ্রবণে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রবাহিত করিলে দ্রাব্য সোডিয়াম কার্বনেট ও জল উৎপন্ন হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড অতিরিক্ত থাকিলে প্রায় অদ্রাব্য সোডিয়াম বাইকার্বনেট উৎপন্ন হয়। উত্তাপপ্রয়োগে উহা আবার সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয়।

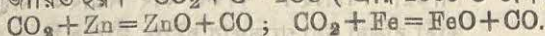
$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$; $Na_2CO_3 + H_2O + CO_2 \rightleftharpoons 2NaHCO_3$

(গ) স্বচ্ছ চুনজলে কার্বন ডাই-অক্সাইড পরিচালনা করিলে প্রথমে সাদা অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন হয়, ফলে চুনজল ঘোলাটে হয়।

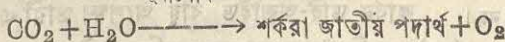
$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O.$$

অতিরিক্ত পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড বিক্রিয়া করিলে দ্রাব্য ক্যালসিয়াম বাই-কার্বনেট উৎপন্ন হয় এবং ঘোলাটে চুনজল পুনরায় স্বচ্ছ হইয়া যায়।

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 = Ca(HCO_3)_2$$

এই স্বচ্ছ দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে পুনরায় অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট গঠিত হয় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয়। স্বচ্ছ দ্রবণ আবার ঘোলাটে হয়।

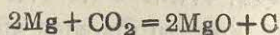
$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 + CO_2 + H_2O.$$

(৩) লোহিততপ্ত কার্বন, আয়রনচূর্ণ বা উত্তপ্ত জিঙ্ক কার্বন ডাই-অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত করে। ধাতুগুলি সঙ্গে সঙ্গে ধাতব অক্সাইডে জারিত হয়। $CO_2 + C = 2CO$ (প্রায় 1000°C তাপমাত্রায়)

$$CO_2 + Zn = ZnO + CO ; \quad CO_2 + Fe = FeO + CO.$$

(৪) উদ্ভিদ তাহার মধ্যে উপস্থিত সবুজ কণা বা ক্লোরোফিলের (Chlorophyll) সাহায্যে সূর্যালোক ও জলের উপস্থিতিতে বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইডকে শর্করা জাতীয় পদার্থে পরিণত করে এবং অক্সিজেন নির্গত করে। এই প্রক্রিয়াকে সালোক সংশ্লেষণ (Photo synthesis) বলা হয়। ক্লোরোফিল অনুঘটকের কাজ করে।

$$CO_2 + H_2O \xrightarrow[\text{ক্লোরোফিল}]{\text{সূর্যালোক}} \text{শর্করা জাতীয় পদার্থ} + O_2$$

পরীক্ষার সাহায্যে কার্বন ডাই-অক্সাইডের ধর্মগুলির প্রমাণ :

(১) কার্বন ডাই অক্সাইড দাহ্য নহে, অন্য পদার্থের দহনেরও সহায়ক নয়। তবে জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম এই গ্যাসে জ্বলে।

কার্বন ডাই-অক্সাইডপূর্ণ একটি গ্যাসজারে একটি জ্বলন্ত শলাকা প্রবেশ করাইলে উহা নিভিয়া যায় এবং গ্যাসও জ্বলে না। সুতরাং ইহা দাহ্য নয় বা দহনে সহায়তা করে না।

চিমটের সাহায্যে একখণ্ড জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়ামের ফিতা কার্বন ডাই-অক্সাইডপূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করাইলে ফিতাটি উজ্জ্বল শিখাসহ জ্বলিতে থাকে। অতএব এই গ্যাস জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়ামের দহনের সহায়ক। দহনের ফলে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড গঠিত হয় ও কালো কার্বনকণা পৃথক হইতে দেখা যায়। $2Mg + CO_2 = 2MgO + C$

এই পরীক্ষায় ইহাও প্রমাণিত হয় যে উচ্চ তাপমাত্রায় কার্বন ডাই-অক্সাইড জারক দ্রব্য। ইহা ম্যাগনেসিয়ামকে ইহার অক্সাইডে জারিত করিয়া নিজে কার্বনে বিজারিত হইয়াছে।

(২) ইহা বিষাক্ত নহে, তবে প্রাণীর শ্বাসকার্যের সহায়ক নহে। কার্বন ডাই-অক্সাইডপূর্ণ একটি গ্যাসজারে একটি ফড়িং প্রবেশ করাইয়া জারের মুখ ঢাকনি দিয়া বন্ধ করিলে কিছুক্ষণ পরে দেখা যায় ফড়িংটি মরিয়া গিয়াছে। এক্ষেত্রে শ্বাসরোধই ফড়িং-এর মৃত্যুর কারণ।

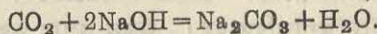
(৩) কার্বন ডাই অক্সাইড বাতাস অপেক্ষা ভারী। (ক) একটি খালি (বায়ুপূর্ণ) গ্যাসজারের মুখের উপর একটি কার্বন ডাই-অক্সাইডপূর্ণ গ্যাসজার উপুড় করিয়া বসাইয়া ঢাকনি সরাইয়া দিলে কিছুক্ষণ পরে দেখা যায় উপরের জার হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড নীচের জারে চলিয়া আসিয়াছে। নীচের জারে একটি জ্বলন্ত কাঠি প্রবেশ করাইলে উহা তৎক্ষণাৎ নিভিয়া যায়। নীচের জারে কিছু স্বচ্ছ চুনজল মিশাইয়া ঝাঁকাইলে চুনজল ঘোলাটে হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড বায়ু অপেক্ষা ভারী বলিয়াই ইহা সম্ভব হইয়াছে।

চিত্র ২(৪৯)—কার্বন ডাই-অক্সাইড বায়ু অপেক্ষা ভারী ও দহনের সহায়ক নয়।

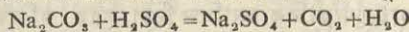
(খ) একটি জ্বলন্ত মোমবাতি টেবিলের উপর বসাইয়া একটি কার্বন ডাই-অক্সাইড পূর্ণ গ্যাসজার মোমবাতির শিখার উপর উপুড় করিয়া ধরিলে দেখা যায় শিখাটি নিভিয়া গিয়াছে। কার্বন ডাই-অক্সাইড বায়ু অপেক্ষা ভারী বলিয়া ইহা গ্যাসজার হইতে নীচের দিকে নামে এবং মোমবাতির চারদিকের বায়ু অপসারিত করায় মোমবাতির শিখা বায়ুর অক্সিজেনের সংস্পর্শ হারায়। আবার কার্বন ডাই-অক্সাইড দহনের সহায়তা করে না, ফলে শিখা নিভিয়া যায়। এই পরীক্ষা দ্বারা একই সঙ্গে প্রমাণিত হয় যে কার্বন ডাই-অক্সাইড বায়ু অপেক্ষা ভারী এবং ইহা দহনের সহায়ক নয়। চিত্র ২(৪৯)-এর শিখার নমুনা লক্ষ্য করিলেই ইহা বুঝা যাইবে।

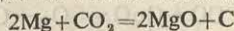
(৪) **কার্বন ডাই-অক্সাইড জলে দ্রাব্য এবং জলীয় মৃদু অ্যাসিড-ধর্মী।** কার্বন ডাই-অক্সাইড পূর্ণ একটি গ্যাসজারে কিছু জল মিশাইয়া ঝাঁকানোর পর ঢাকনা দ্বারা বন্ধ করিয়া দেওয়া হইল। অতঃপর একটি জলপূর্ণ পাত্রে গ্যাসজারটি উপুড় করিয়া ঢাক্‌না সরাইলে জল গ্যাসজারে ধীরে ধীরে প্রবেশ করিয়া প্রায় সম্পূর্ণভাবে জারকে পূর্ণ করে। এই জলীয় দ্রবণে লঘু নীল লিটমাস দ্রবণ মিশাইলে উহা ঈষৎ লাল বর্ণে রূপান্তরিত হয়।

(৫) **ইহা ক্ষার দ্রবণে শোষিত হয়।** একটি টেষ্ট টিউব কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করিয়া উহাতে সামান্য সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড দ্রবণ মিশাইয়া বৃদ্ধাঙ্গুলি দ্বারা টিউবের মুখ বন্ধ করিয়া ঝাঁকানোর পর উহা জলের উপর উপুড় করিলে জল টেষ্ট টিউবে উঠিয়া উহা পূর্ণ করে। ক্ষার দ্রবণে কার্বন ডাই-অক্সাইডের শোষণের ফলে টিউবে যে শূন্যতার সৃষ্টি হয়, তাহা পূর্ণ করিবার জন্যই জল উপরে উঠিতে পারে। এই পরীক্ষায় ইহাও প্রমাণিত হয়, কার্বন ডাই-অক্সাইড একটি আম্লিক অক্সাইড।

$$CO_2 + 2NaOH = Na_2CO_3 + H_2O.$$

ব্যবহার : (১) সল্‌ভে পদ্ধতিতে (Solvay process) সোডিয়াম কার্বনেটের পণ্য উৎপাদনে, ইউরিয়া, অ্যামোনিয়াম সালফেট প্রভৃতি সার এবং স্যালিসাইলিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়। (২) অগ্নিনির্বাপক যন্ত্রে ইহা ব্যবহৃত হয়। (৩) বাতান্বিত জল, সোডা ওয়াটার ও লেমনেড প্রস্তুতিতে ইহার বহুল ব্যবহার আছে। (৪) কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইড 'শুষ্ক বরফ' নামে হিমায়ক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। (৫) তরল কার্বন ডাই-অক্সাইড ইস্পাতকে শক্ত করার কাজে ব্যবহৃত হয়। (৬) চিকিৎসাশাস্ত্রেও ইহার ব্যবহার আছে। মস্তিষ্কে আঘাত, কার্বন মনোক্সাইড জাতীয় বিষাক্ত গ্যাসের বিষক্রিয়ায় বা জলে ডোবার ফলে শ্বাস-প্রশ্বাসের কষ্ট হইলে 95% অক্সিজেনের সহিত 5% কার্বন ডাই-অক্সাইড মিশাইয়া শ্বাসক্রিয়া চালনা করা হয়।

অগ্নিনির্বাপক যন্ত্রে কার্বন ডাই-অক্সাইডের ব্যবহার অধুনা প্রায় সকলেরই জানা।

অগ্নিনির্বাপক যন্ত্র বিশেষ বিশেষ আকৃতির শক্ত ধাতব পাত্র। ইহার মধ্যে একটি বন্ধ কাঁচের বোতলে সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণ রাখা হয় এবং উহার বাকী স্থানটিতে থাকে সোডিয়াম কার্বনেটের গাঢ় দ্রবণ। বাহির হইতে এমন ব্যবস্থা থাকে যাহাতে প্রয়োজনের সময় চাপ দিয়া ভিতরের কাঁচের বোতল ভাঙ্গিয়া দেওয়া যায়, ফলে অ্যাসিড ও সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণের সংযোগ ঘটিয়া তৎক্ষণাৎ প্রচুর কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। $Na_2CO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + CO_2 + H_2O$

এই গ্যাস ও জলের মিশ্রণ সবেগে যন্ত্রের ছোট নির্গমমুখ দিয়া বাহিরে আসে এবং আগুনের উপর নিক্ষিপ্ত হইয়া আগুন নিভায়। এখানে মনে রাখা দরকার, কার্বন ডাই-অক্সাইড ম্যাগনেসিয়াম ধাতু ঘটিত আগুন নিভাইতে অক্ষম। পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে যে ম্যাগনেসিয়ামের প্রজ্বলনে যে তাপমাত্রার সৃষ্টি হয় তাহাতে কার্বন ডাই-অক্সাইড কার্বন কণা এবং অক্সিজেনে বিশ্লিষ্ট হইয়া যায়। ফলে উৎপন্ন অক্সিজেনে ম্যাগনেসিয়াম জ্বলিতে থাকে এবং যথারীতি অক্সাইড গঠিত হয়।

$$2Mg + CO_2 = 2MgO + C$$

সেইজন্য ম্যাগনেসিয়াম ঘটিত আগুন নিভাইতে সোডিয়াম কার্বনেট ও অ্যাসিডের বিক্রিয়ার উপর নির্ভরশীল সাধারণ অগ্নিনির্বাপক যন্ত্র ব্যবহার নিরর্থক।

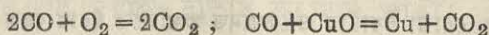
অনেকক্ষেত্রে তেল বা পেট্রোলের আগুন নিভাইতে ব্যবহৃত যন্ত্রে অ্যালুমিনিয়াম সালফেট বা ফটকিরি এবং সোডিয়াম বাই-কার্বনেটের ঘন দ্রবণ থাকে। ফটকিরি বা অ্যালুমিনিয়াম সালফেট আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া যে সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় তাহাই সোডিয়াম বাই-কার্বনেটের সহিত ক্রিয়া করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে এবং ইহা আঠালো অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রোক্সাইডের সহিত লাগিয়া থাকিয়া ফেনাসহ কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত করে। $Al_2(SO_4)_3 + 6NaHCO_3 = 2Al(OH)_3 + 3Na_2SO_4 + 6CO_2$.

পরিচায়ক পরীক্ষা (Tests) ঃ

(১) জলন্ত কাঠি কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে নিভিয়া যায়। (২) ইহা চুনের জল ঘোলা করে। মনে রাখিতে হইবে, নাইট্রোজেন গ্যাসেও জলন্ত কাঠি প্রবেশ করাইলে জলন্ত কাঠি নিভিয়া যায়, তবে নাইট্রোজেন স্বচ্ছ চুনজল ঘোলা করে না।

কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের পারস্পরিক রূপান্তর ঃ (Conversion of carbon monoxide to carbon dioxide and vice versa)

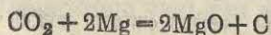
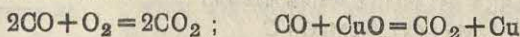
কার্বন মনোক্সাইডকে অক্সিজেনে প্রজ্বলিত করিলে উহা অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে রূপান্তরিত হয়। উত্তপ্ত কপার অক্সাইড, জিঙ্ক অক্সাইড, লেড অক্সাইড প্রভৃতি কতকগুলি ধাতব অক্সাইডের উপর কার্বন মনোক্সাইড প্রবাহিত করিলেও উহা কার্বন ডাই-অক্সাইডে জারিত হয়। (পরীক্ষার সাহায্যে কার্বন মনোক্সাইডের বিজারণধর্মের প্রমাণ দ্রষ্টব্য।

$$2CO + O_2 = 2CO_2 \; ; \quad CO + CuO = Cu + CO_2$$

কার্বন ডাই-অক্সাইড হইতে কার্বন মনোক্সাইড প্রস্তুতি পূর্বে কার্বন মনোক্সাইড প্রস্তুতি কালে বর্ণিত হইয়াছে।

কার্বন মনোক্সাইডে ও কার্বন ডাই-অক্সাইডে কার্বনের অস্তিত্বের প্রমাণ ঃ

(ক) কার্বন মনোক্সাইড গ্যাসকে অতিরিক্ত, বিশুদ্ধ অক্সিজেনে জ্বালাইলে বা একটি মোটা কাচনলে রক্ষিত লোহিততপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইডের উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে কার্বন মনোক্সাইড কার্বন ডাই-অক্সাইডে জারিত হয়। উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডে এক টুকরা উত্তপ্ত ধাতব ম্যাগনেসিয়াম প্রবেশ করাইলে জলন্ত ধাতবখণ্ড কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে জ্বলিতে থাকে। দহনশেষে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং কালো কার্বনকণা পৃথক হইতে দেখা যায়। ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড ও কার্বনের অবশেষকে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়া গরম করিলে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড দ্রবীভূত হয়। কালো কণা ফিল্টার করিয়া পৃথক করা হয় এবং শুষ্ক করিয়া বায়ুতে পুড়াইলে যে গ্যাস নির্গত হয় তাহা চুনজলকে ঘোলাটে করে। ইহাতে প্রমাণিত হয়—উৎপন্ন গ্যাস কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং কালো কণা নিশ্চিতভাবে কার্বন মৌলের। এই পরীক্ষাই কার্বন মনোক্সাইডে কার্বনের অস্তিত্ব প্রমাণ করে।

$$2CO + O_2 = 2CO_2 \; ; \quad CO + CuO = CO_2 + Cu$$

$$CO_2 + 2Mg = 2MgO + C$$

কার্বন ডাই-অক্সাইডে কার্বনের উপস্থিতি একই সঙ্গে প্রমাণিত হইয়াছে।

কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের ধর্মের তুলনা ঃ

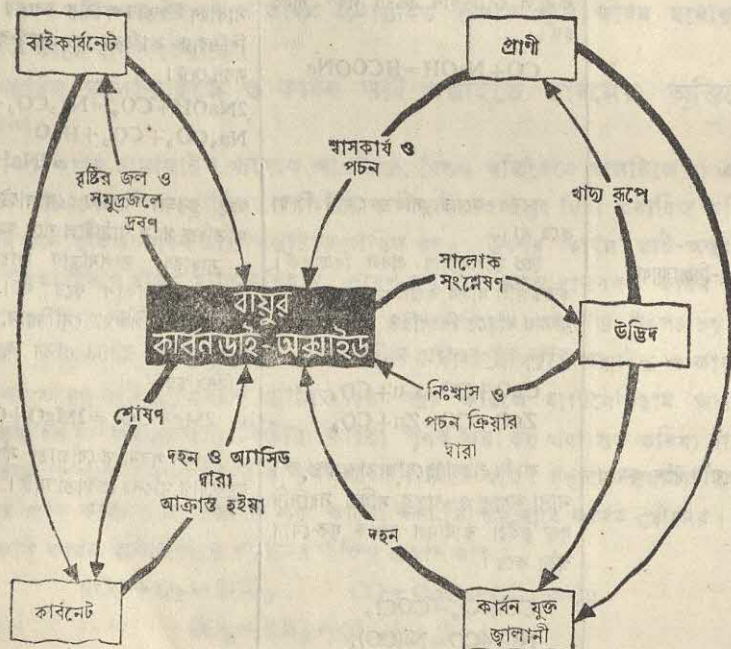
ধর্ম	কার্বন মনোক্সাইড	কার্বন ডাই-অক্সাইড
ভৌত অবস্থা ও প্রকৃতি, জলে দ্রবণীয়তা	বর্ণহীন, গন্ধহীন, বিষাক্ত, বায়ু অপেক্ষা সামান্য ভারী গ্যাস। জলে প্রায় অদ্রাব্য। $-193°C$-এ স্বাভাবিক চাপে তরলিত করা যায়।	বর্ণহীন, গন্ধহীন, সামান্য অম্ল স্বাদ-যুক্ত, বায়ু অপেক্ষা ভারী গ্যাস। ইহা বিষাক্ত নহে তবে শ্বাস-প্রশ্বাসের সহায়ক নয়। জলে সমায়তনে দ্রাব্য। উচ্চ চাপে স্বাভাবিক তাপমাত্রায় তরলে পরিণত হয়। উচ্চচাপ ও শীতলতায় সহজে কঠিনে পরিণত করা যায়।
দহনশীলতা, দহনের সহায়কতা, অক্সিজেনে দহন	দাহ্য, কিন্তু দহনের অসহায়ক। অক্সিজেন বা বায়ুতে নীল শিখাসহ জ্বলে এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড গঠিত হয়। $2CO+O_2=2CO_2$	দাহ্য নহে, সাধারণভাবে দহনের সহায়ক নয়। কিন্তু জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম, সোডিয়াম, পটাসিয়াম ধাতু ইহাতে জ্বলিতে থাকে। অক্সিজেনের সহিত ক্রিয়া নাই।
জল ও ক্ষারীয় দ্রবণের সহিত ক্রিয়া	ইহা প্রশম। জলে খুব সামান্য দ্রাব্য। লিটমাসের উপর ক্রিয়া করে না। সাধারণ উষ্ণতায় ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া করে না। তবে অতিরিক্ত চাপে উষ্ণ, ঘন কষ্টিক সোডা দ্রবণে প্রবাহিত করিলে সোডিয়াম ফর্মেট লবণ গঠিত হয়। $CO+NaOH=HCOONa$	ইহা আম্লিক অক্সাইড। জলীয় দ্রবণে মৃদু, অস্থায়ী, দ্বিক্ষারিক কার্বনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। নীল লিটমাসের বর্ণ লাল হয়। $CO_2+H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3$ সাধারণ উষ্ণতায় ক্ষারীয় দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ায় কার্বনেট ও বাই-কার্বনেট লবণ দেয়। $2NaOH+CO_2=Na_2CO_3+H_2O$ $Na_2CO_3+CO_2+H_2O=2NaHCO_3$
	চুনের জলের সহিত কোন ক্রিয়া করে না।	স্বচ্ছ চুনজল প্রথমে ঘোলাটে হয়, অতিরিক্ত গ্যাস পাঠাইলে পরে স্বচ্ছ হয়।
জারণ-বিজারণধর্ম	উচ্চ তাপমাত্রায় প্রবল বিজারক। কতকগুলি ধাতব অক্সাইডকে উচ্চ তাপমাত্রায় ধাতুতে বিজারিত করিয়া নিজে কার্বন ডাই-অক্সাইডে জারিত হয়। $CuO+CO=Cu+CO_2$ $ZnO+CO=Zn+CO_2$	সাধারণ তাপমাত্রায় জারণ বা বিজারণধর্ম প্রকাশ করে না। তবে উত্তপ্ত ম্যাগনেসিয়াম, সোডিয়াম, পটাসিয়াম ইহাতে জ্বলিয়া ধাতব অক্সাইডে পরিণত হয়। $2Mg+CO_2=2MgO+C$
যুত-যৌগ গঠন ক্ষমতা	কার্বন পরমাণুর যোজ্যতা অসম্পৃক্ত। নানা অধাতু ও ধাতুর সহিত সরাসরি যুক্ত হইয়া কার্বনিল নামক যুত-যৌগ গঠন করে। $CO+Cl_2=COCl_2$ $Ni+4CO=Ni(CO)_4$	কার্বন পরমাণুর যোজ্যতা সম্পৃক্ত। যুত-যৌগ গঠনের প্রবণতা নাই।

ধর্ম	কার্বন মনোক্সাইড	কার্বন ডাই-অক্সাইড
	120°C তাপাঙ্কে আয়রনের সহিত $Fe(CO)_5$ গঠন করে। $Fe+5CO=Fe(CO)_5$	উচ্চ তাপাঙ্কে আয়রন কার্বন ডাই-অক্সাইড দ্বারা জারিত হয়। $Fe+CO_2=FeO+CO$
শোষক	অ্যামোনিয়া বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইডে শোষিত হয়।	NaOH, KOH প্রভৃতি ক্ষারে শোষিত হয়।

কার্বন ডাই-অক্সাইডের প্রাকৃতিক চক্র (Carbon di-oxide cycle) :

বায়ুমণ্ডলে আয়তন হিসাবে 21 শতাংশ অক্সিজেন ও 0·03 শতাংশ পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড আছে। প্রকৃতিতে এমন কতকগুলি ক্রিয়া প্রতিনিয়ত সংঘটিত হইতেছে যাহার ফলে একদিকে বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইড যেমন ব্যয়িত হইতেছে তেমনই অন্যদিকে বায়ুমণ্ডলে কার্বন ডাই-অক্সাইড সঞ্চারিত হইতেছে। এই পরস্পর বিপরীত বিক্রিয়াগুলি এমনভাবে ঘটে যাহাতে বায়ুতে অক্সিজেন ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের শতকরা পরিমাণ প্রায় স্থির থাকে। প্রকৃতিতে এইভাবে কার্বন ডাই-অক্সাইডের ব্যয় এবং পুনঃসঞ্চারকেই বলা হয় কার্বন ডাই-অক্সাইডের প্রাকৃতিক বিবর্তনচক্র (Carbon di-oxide cycle)।

নিম্নলিখিত প্রক্রিয়ায় বায়ুমণ্ডলের কার্বন ডাই-অক্সাইড হ্রাসপ্রাপ্ত হয়।

(১) দিবাভাগে, সূর্যালোকে উদ্ভিদ তাহার মধ্যস্থিত সবুজকণা বা ক্লোরোফিল (chlorophyll) সাহায্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড বিশ্লিষ্ট করিয়া কার্বন ভাগ আত্মসাৎ

চিত্র ২(৫০)—কার্বন ডাই-অক্সাইডের প্রাকৃতিক চক্র

করে এবং সম আয়তনে অক্সিজেন বায়ুতে ছাড়িয়া দেয়। এই কার্বনই পরে আলো ও ক্লোরোফিলের প্রভাবে জলের সহিত ক্রিয়া করিয়া শর্করা জাতীয় উদ্ভিদের খাদ্যে পরিণত হয়। এইভাবে কার্বন গ্রহণ ও উহার শর্করা জাতীয় খাদ্যে রূপান্তরকে বলা হয় **সালোক সংশ্লেষণ** (Photosynthesis) বা কার্বন আত্তীকরণ (carbon assimilation)। এই প্রক্রিয়ায় ক্লোরোফিল অনুঘটকের কাজ করে।

(২) কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস জলে দ্রাব্য বলিয়া ইহা বায়ুমণ্ডল হইতে বৃষ্টির জলে ধৌত হইয়া কার্বনিক অ্যাসিড গঠন করে এবং পরে সমুদ্রের জলে নীত হইয়া ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম বাইকার্বনেটে পরিণত হয়। সামুদ্রিক জীবাণুদেহে উহা কার্বনেটরূপে যুক্ত হয় এবং তাহাদের মৃত্যুর দীর্ঘদিন পরে তাহাদের দেহাবশেষ খড়িমাটি বা প্রবালরূপে জমা হয়।

(৩) কার্বন ডাই-অক্সাইড অ্যাসিডধর্মী অক্সাইড। বিভিন্ন ক্ষারধর্মী শিলা বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষণ করিয়া শিলাস্থিত বিভিন্ন ধাতুর কার্বনেট গঠন করে। ইহাকে শিলার আবহ বিকার (weathering) বলা হয়।

প্রকৃতিতে যে সকল বিপরীত প্রক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড ফিরিয়া আসে তাহা নিম্নরূপ :

(১) মানুষ এবং জীবজন্তুমাত্রই প্রশ্বাসের সহিত বায়ু হইতে অক্সিজেন গ্রহণ করে এবং নিশ্বাসের সহিত কার্বন ডাই-অক্সাইড বায়ুতে ত্যাগ করে। উদ্ভিদ দিবাভাগে খাদ্যের প্রয়োজনে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্রহণ করে কিন্তু রাত্রিকালে প্রশ্বাসের সহিত অক্সিজেন গ্রহণ করিয়া নিঃশ্বাসের সহিত কার্বন ডাই-অক্সাইড ত্যাগ করে। তবে রাত্রিতে উদ্ভিদের অক্সিজেন গ্রহণ এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড বর্জনের তুলনায় দিবাকালে সালোকসংশ্লেষণে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্রহণ ও অক্সিজেন ত্যাগের পরিমাণ অনেক বেশী।

(২) কাঠ, কয়লা, তৈল, পেট্রল প্রভৃতি কার্বনযুক্ত জ্বালানী ও অন্যান্য জৈব পদার্থ বায়ুতে দহনের ফলে বায়ুতে প্রচুর পরিমাণে কার্বন ডাই অক্সাইড সঞ্চারিত করে। মনে রাখা দরকার অনেক উদ্ভিদই যুগ যুগান্তব্যাপী বিভিন্ন প্রাকৃতিক প্রক্রিয়ায় কয়লা পেট্রল প্রভৃতিতে রূপান্তরিত হয়। প্রাণী ও উদ্ভিদের পচনক্রিয়াতেও বায়ুতে কার্বন ডাই-অক্সাইড ফিরিয়া আসে।

(৩) খড়িমাটি, চুনাপাথর, মার্বেলের দহনের ফলে অথবা মাটির জৈব অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়াতেও বায়ুতে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। সমুদ্রজলের বাই-কার্বনেটের বিযোজনেও বায়ুতে কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়। পরস্পর বিপরীত কার্যের পরিণতি হিসাবেই বায়ুতে অক্সিজেন ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণের সাম্য রক্ষিত হয়।

সিলিকন ডাই-অক্সাইড বা সিলিকা [SiO_2]

প্রকৃতিতে **নিয়তাকার** ও **অনিয়তাকার** উভয় রকম সিলিকাই দৃষ্ট হয়। স্ফটিকাকার সিলিকা সমস্ত খনিজ সিলিকেট ও পাথর প্রভৃতির গঠনের উপাদান।

নিয়তাকার সিলিকা প্রধানতঃ তিন রকম হয়। যথা, কোয়ার্জ (Quartz), ট্রাইডিমাইট (Tridymite) এবং কৃস্টোবেলাইট (Crystobalite)। সাধারণতঃ কোয়ার্জরূপেই সিলিকা থাকে। 870°C তাপমাত্রা পর্যন্ত ইহা খুব স্থায়ী। উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে অন্য রূপ দুইটির অস্তিত্ব পাওয়া যায়।

$$\text{কোয়ার্জ} \overset{870^\circ}{\rightleftharpoons} \text{ট্রাইডিমাইট} \overset{1470^\circ}{\rightleftharpoons} \text{কৃস্টোবেলাইট} \overset{1710^\circ}{\rightleftharpoons} \text{তরল}$$

কোয়ার্জ আবার তিন রকম হয়—যেমন বালু (sand), পদ্মরাগমণি (amethyst) এবং বৈদুর্যমণি (cat's eye)।

সাধারণ বালু কোয়ার্জের ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণা। জল ও বাতাসের আক্রমণে কোয়ার্জ ভাঙ্গিয়া বালুকণার সৃষ্টি হয়। বিশুদ্ধ সিলিকা সাদা ও বর্ণহীন, কিন্তু আয়রন অক্সাইড ও অন্যান্য পদার্থ বর্তমান থাকায় উহাকে ধূসর বা বাদামী বর্ণের দেখায়।

অনেক সময় বিশুদ্ধ কোয়ার্জ অতি স্বচ্ছ, সুন্দর, বর্ণহীন স্ফটিকাকারে পাওয়া যায়। ইহা হীরকের ন্যায় শক্ত পদার্থ। ইহাকে বলা হয় স্ফটিক পাথর (rock crystal)। সময় সময় অল্প পরিমাণ অন্যান্য ধাতব অক্সাইড দ্রবীভূত থাকিয়া স্বচ্ছ কোয়ার্জকে চমৎকার বর্ণবিশিষ্ট পাথরের রূপ দেয়। এই সব পাথর রত্ন বা মণি হিসাবে সমাদৃত। ম্যাঙ্গানিজ অক্সাইড মিশ্রিত কোয়ার্জই অ্যামিথিষ্ট (amethyst) বা পদ্মরাগমণি বলিয়া পরিচিত। আবার 'ক্যাটস আই' (cat's eye) বা বৈদুর্যমণি সামান্য অ্যাসবেস্টস-দ্রবিত কোয়ার্জ।

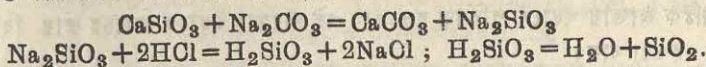
অনিয়তাকার সিলিকার মধ্যে ওপ্যাল, ফ্লিণ্ট ও অ্যাগেট উল্লেখযোগ্য। ওপ্যাল জলযুক্ত সিলিকা। ইহাও মণি হিসাবে আদৃত। ফ্লিণ্ট খুবই শক্ত পদার্থ। আয়রন অক্সাইড মিশ্রিত বলিয়া উহা কালো বা বাদামী বর্ণের হয়। অত্যধিক কাঠিন্যের জন্য অ্যাগেট প্রাচীনকালে বর্শার ধারালো ফলকে ব্যবহৃত হইত।

সিলিকা যে কেবলমাত্র প্রাকৃতিক খনিজ জগতে বিদ্যমান তাহাই নহে। উদ্ভিদ ও প্রাণিজগতেও ইহার অস্তিত্ব দেখা যায়। কোন কোন ঘাসে, বাঁশের মধ্যে এবং অনেক পাখীর পালকেও সিলিকা আছে। ডাই-অ্যাটম (diatoms) জাতীয় একপ্রকার ক্ষুদ্র উদ্ভিদ হইতে 'কাইজেলগুড়' নামক যে পদার্থ পাওয়া যায় তাহা দেখিতে মাটির মত। ইহার অধিকাংশই সিলিকা।

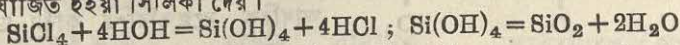
সিলিকার প্রস্তুতি : (ক) **ল্যাবরেটরীতে** বিশুদ্ধ সিলিকা প্রস্তুত করিতে প্রথমে প্রকৃতিজাত কোন সিলিকা, যেমন $CaSiO_3$ ও অতিরিক্ত সোডিয়াম কার্বনেট মিশ্রণ একটি প্লাটিনাম মূচিতে লইয়া উচ্চ তাপাঙ্কে গলানো হয়। উহাতে দ্রাব্য সোডিয়াম সিলিকেট উৎপন্ন হয়। গলানো পদার্থ ঠাণ্ডা করিয়া জল মিশাইয়া ফুটাইলে সোডিয়াম সিলিকেট দ্রবণে চলিয়া আসে এবং এই দ্রবণ ফিলটার করিয়া অদ্রাব্য অবশেষ হইতে পৃথক করা হয়।

সোডিয়াম সিলিকেট দ্রবণে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করিলে সিলিসিক অ্যাসিড (দেখিতে জেলির ন্যায়) অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহাকে ছাঁকিয়া জল দ্বারা ধৌত

করিয়া অ্যাসিড-মুক্ত করা হয়। অতঃপর সিলিসিক অ্যাসিড শুষ্ক করিয়া তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ সিলিকা পাওয়া যায়।

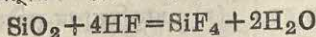
$$CaSiO_3 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + Na_2SiO_3$$
$$Na_2SiO_3 + 2HCl = H_2SiO_3 + 2NaCl \; ; \; H_2SiO_3 = H_2O + SiO_2.$$

(খ) অনিয়তাকার সিলিকন মৌলকে বায়ু বা অক্সিজেনে পুড়াইলেও সিলিকা প্রস্তুত হয়। $Si + O_2 = SiO_2$

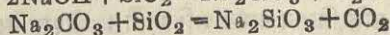
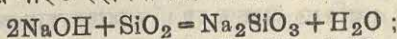
(গ) সিলিকন টেট্রাক্লোরাইডকে জলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে প্রথমে জেলির আকারে অর্থোসিলিসিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। অ্যাসিড যথারীতি ফিলটার করার পর জল দ্বারা ধৌত করিয়া শুষ্ক করা হয়। শুষ্ক অর্থোসিলিসিক অ্যাসিড উচ্চ তাপাঙ্কে বিযোজিত হইয়া সিলিকা দেয়।

$$SiCl_4 + 4HOH = Si(OH)_4 + 4HCl \; ; \; Si(OH)_4 = SiO_2 + 2H_2O$$

এই পদ্ধতিতে প্রাপ্ত সিলিকন ডাই-অক্সাইড অনিয়তাকার, সূক্ষ্ম সাদা পাউডার।

ধর্ম ঃ (১) নিয়তাকার সিলিকা বর্ণহীন কঠিন পদার্থ। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 2·7। অনিয়তাকার সিলিকার আপেক্ষিক গুরুত্ব 2·3। কোয়ার্জ অত্যন্ত শক্ত কঠিন পদার্থ, উহা সহজেই কাচে দাগ কাটে। অনিয়তাকার সিলিকা অপেক্ষাকৃত নরম।

(২) সকল প্রকার সিলিকাই জলে অদ্রাব্য এবং অম্লরাজ-(ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশ্রণ) সহ সকল অ্যাসিডেই অনাক্রান্ত থাকে। তবে সিলিকা হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড দ্বারা আক্রান্ত হইয়া সিলিকন টেট্রাফ্লুরাইড গঠন করে।

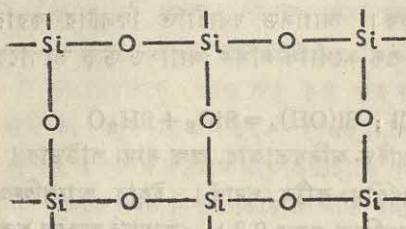
$$SiO_2 + 4HF = SiF_4 + 2H_2O$$

(৩) সিলিকা একটি আম্লিক অক্সাইড। উত্তপ্ত গলিত ক্ষার এবং সোডিয়াম কার্বনেট লবণের সহিত ইহা বিক্রিয়া করিয়া সিলিকেট লবণ গঠন করে।

$$2NaOH + SiO_2 = Na_2SiO_3 + H_2O \; ;$$
$$Na_2CO_3 + SiO_2 = Na_2SiO_3 + CO_2$$

ঠাণ্ডাতে সোডিয়াম সিলিকেট দ্রবণে অতিরিক্ত পরিমাণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশাইলে সিলিসিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়, তবে ইহা অধঃক্ষিপ্ত না হইয়া কলয়ডীয় অবস্থায় বা প্রলম্বিত অবস্থায় থাকে। 100°C-এর অধিক উষ্ণতায় গাঢ় সোডিয়াম সিলিকেট দ্রবণে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশ্রিত করিয়া আস্তে আস্তে ঠাণ্ডা হইতে দিলে একটি আঠালো জেলির ন্যায় কঠিনাকার পদার্থের উৎপত্তি হয়। ইহাকে বলা হয় 'সিলিকা জেল'। ইহা ধৌত করিয়া শুষ্ক করার পর ইহা অত্যন্ত জলাকর্ষী পদার্থে পরিণত হয়। এই জলাকর্ষণ ধর্মের জন্য সিলিকা জেল গ্যাসের নিরুদনে ব্যবহৃত হয়। ইহার অধিশোষণ ক্ষমতাও আছে। ক্ষেত্রবিশেষে তেল ইত্যাদি পরিষ্কার করিতে ইহা ব্যবহৃত হয়। অনুঘটক হিসাবেও ইহার ব্যবহার জানা আছে।

(৪) লোহিততপ্ত সিলিকা ও কোকের মিশ্রণে ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করিলে সিলিকন টেট্রাক্লোরাইড নামক উদ্বায়ী তরল উৎপন্ন হয় এবং সঙ্গে কার্বন মনোক্সাইড নির্গত হয়। $SiO_2 + 2C + 2Cl_2 = SiCl_4 + 2CO$

(৫) সিলিকা ও কোকের মিশ্রণ বৈদ্যুতিক চুল্লীতে 1500°—2200°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে সিলিকন কার্বাইড বা কার্বোরাণ্ডাম উৎপন্ন হয়। ইহা অতীব শক্ত কঠিন পদার্থ। $SiO_2 + 3C = SiC + 2CO.$

(৬) সমস্ত প্রকার সিলিকাই প্রায় 1600°C তাপমাত্রার নিকটে নরম হইতে থাকে এবং অক্সিহাইড্রোজেন শিখার উত্তাপে (1700°C) গলিয়া যায়। ইহারা গলিবার পূর্বে প্লাষ্টিক জাতীয় পদার্থে পরিণত হয় এবং এই অবস্থায় ইহাকে কাচের ন্যায় বিভিন্ন আকার দেওয়া যায়।

(৭) সিলিকার আণবিক গঠন সহজ নহে। ইহার অণুগুলি একক অবস্থায় থাকে না। অনেকগুলি অণু পরস্পরের সহিত যুক্ত হইয়া একটি দানব বা বিশাল অণুর (giant molecule) সৃষ্টি করে [চিত্র ২(৫১)]। ইহার কাঠিন্যের জন্য এইরূপ গঠনই দায়ী। পরন্তু একইরূপ আণবিক সঙ্কেতবিশিষ্ট কার্বন ডাই-অক্সাইড বা সালফার ডাই-অক্সাইড প্রভৃতি পদার্থে অণুগুলির মধ্যে পারস্পরিক আকর্ষণ কম বলিয়া উহারা গ্যাসীয় পদার্থ।

চিত্র ২(৫১)

ব্যবহার : (১) স্বচ্ছ কোয়ার্জ বা স্ফটিক পাথর (rock salt) দ্বারা অনেক যন্ত্রের লেন্স ও প্রিজম প্রভৃতি প্রস্তুত করা হয়। কারণ ইহাতে সহজে দাগ পড়ে না এবং ইহার মধ্য দিয়া অতিবেগুনী রশ্মিগুলি অতিক্রম করিতে পারে। রঙিন কোয়ার্জ মূল্যবান রত্ন বা মণি হিসাবে ব্যবহৃত হয়। (২) ধাতুনিষ্কাশন-চুল্লীর অভ্যন্তরে অগ্নি এবং অ্যাসিড-সহ আস্তরণ দেওয়ার জন্য সিলিকা ব্যবহৃত হয়। অগ্নি-সহ ইষ্টক প্রস্তুতিতেও ইহার বহুল ব্যবহার হয়। (৩) ইহা কাচ, সিমেন্ট, মর্টার (দালান গাথিবার মশলা) পোর্সেলিন প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। সাধারণ কাচ অপেক্ষা 'সিলিকা কাচ' বা কোয়ার্জ কাচ কতকগুলি বিশেষ ধর্মের অধিকারী। ইহার উচ্চ তাপাঙ্ক সহ্য করার ক্ষমতা ও নিম্নপ্রসারণ গুণাঙ্কের (low co-efficient of expansion) জন্য বিভিন্ন ইলেকট্রিক ও রাসায়নিক যন্ত্রপাতি প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়। (৪) শক্ত খল, প্রস্তুতিতে এবং তুলাদণ্ডে ও ঘড়িতে অ্যাগেট ব্যবহৃত হয়। (৫) ডিনামাইট জাতীয় বিস্ফোরক সংরক্ষণে কাইজেলগুড় ব্যবহৃত হয়। এতদ্ব্যতীত ইহা সিমেণ্ট, অগ্নি-সহ ইষ্টক, এবং পালিশের পাউডার প্রস্তুতিতে ব্যবহার করা হয়।

কার্বন ডাই-অক্সাইড ও সিলিকা :

কার্বন ও সিলিকন একই গোষ্ঠীভুক্ত মৌল। একই আণবিক সঙ্কেতবিশিষ্ট (RO_2) উভয়ের অক্সাইড দুইটি কার্বন ডাই-অক্সাইড ও সিলিকার ধর্মে সামান্য সাদৃশ্য থাকিলেও ইহাদের ধর্মের পার্থক্যই বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য। কার্বন ডাই-অক্সাইড অণুগুলি একক হিসাবেই থাকে এবং ইহার আণবিক গঠনসঙ্কেত সহজ। $O=C=O$.

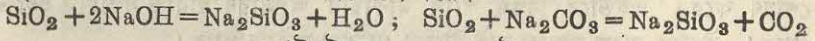
কিন্তু সিলিকা অণু একক হিসাবে বর্তমান নহে। অনেকগুলি অণু একত্রে পরস্পরের সহিত সংহত থাকিয়া একটি দানব বা বিশাল অণুর সৃষ্টি হয়।

কার্বন ডাই-অক্সাইড সাধারণ তাপমাত্রায় একটি গ্যাস, কিন্তু সিলিকা নিয়তাকার এবং অনিয়তাকার বিভিন্ন অবস্থায় শক্ত কঠিন পদার্থ। ইহা উচ্চ গলনাঙ্ক বিশিষ্ট। উভয় অক্সাইডই দুর্বল অ্যাসিডিক অক্সাইড। কার্বন ডাই-অক্সাইড সিলিকা অপেক্ষা

অধিক অ্যাসিডধর্মী। কার্বন ডাই-অক্সাইড সহজেই জলে দ্রবণীয় হইয়া দুর্বল কার্বনিক অ্যাসিড গঠন করে এবং ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় কার্বনেট ও বাইকার্বনেট উৎপন্ন করে। $H_2O + CO_2 \rightleftharpoons H_2CO_3$; $CO_2 + 2NaOH = Na_2CO_3 + H_2O$

$$Na_2CO_3 + H_2O + CO_2 \rightleftharpoons 2NaHCO_3$$

সিলিকা জলে এবং হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড ব্যতীত সকল অ্যাসিডে অদ্রাব্য। অ্যাসিডিক অক্সাইড বলিয়া উহা উচ্চ তাপাঙ্কে গলিত ক্ষার বা সোডিয়াম কার্বনেটের সহিত ক্রিয়া করে এবং সিলিকেট লবণ গঠন করে।

$$SiO_2 + 2NaOH = Na_2SiO_3 + H_2O \; ; \; SiO_2 + Na_2CO_3 = Na_2SiO_3 + CO_2$$

নাইট্রোজেনের অক্সাইড

নাইট্রোজেনের **পাঁচটি** অক্সাইড আছে। এই সব অক্সাইডে নাইট্রোজেন ভিন্ন ভিন্ন যোজ্যতা দেখায়।

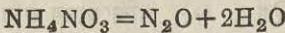
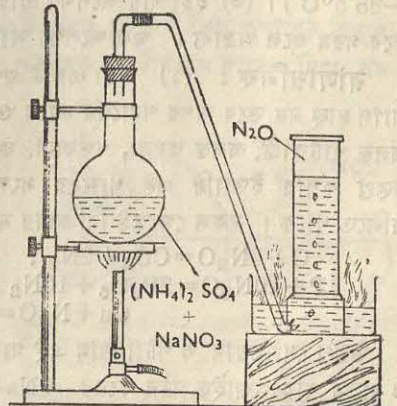
অক্সাইডের নাম	সঙ্কেত	সাধারণ উষ্ণতায়	নাইট্রোজেন পরমাণুর যোজ্যতা
নাইট্রাস অক্সাইড	N_2O	গ্যাস	1
নাইট্রিক অক্সাইড	NO	গ্যাস	2
ডাই-নাইট্রোজেন ট্রাইঅক্সাইড	N_2O_3	গ্যাস	3
ডাই-নাইট্রোজেন টেট্রোক্সাইড বা নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড	N_2O_4	গাঢ় বাদামী গ্যাস	4
নাইট্রোজেন পেণ্টোক্সাইড	N_2O_5	সাদা কঠিন	5

নাইট্রাস অক্সাইড [N_2O]

লাফিং গ্যাস [Laughing gas]

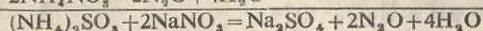
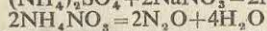
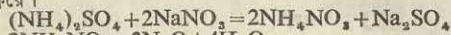
নাইট্রোজেনের এই গ্যাসীয় অক্সাইডের আবিষ্কারক বিজ্ঞানী প্রিষ্টলী (1772)

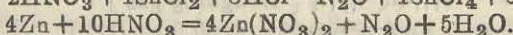
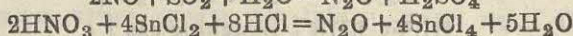
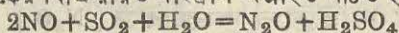
প্রস্তুতি : (ক) **ল্যাবরেটরী প্রস্তুতি :** ল্যাবরেটরীতে শুষ্ক অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিয়া নাইট্রাস অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। উত্তাপ প্রভাবে অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট বিভাজিত হইয়া নাইট্রাস অক্সাইডও জল উৎপন্ন করে।

$$NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O$$

একটি নির্গম নলযুক্ত গোলতল ফ্লাস্কে শুষ্ক অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট লইয়া ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে উহা প্রথমে গলিয়া যায় এবং পরে বিভাজনের ফলে উৎপন্ন নাইট্রাস অক্সাইড নির্গম নল দিয়া নির্গত হইতে থাকে। ইহা ঠাণ্ডা জলে যথেষ্ট দ্রাব্য বলিয়া গরম জলের নিম্নাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়। মার্কারীর অপসারণ দ্বারাও ইহা সংগৃহীত হইতে পারে।

চিত্র ২ (৫২)—ল্যাবরেটরীতে নাইট্রাস অক্সাইড প্রস্তুতি

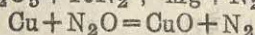
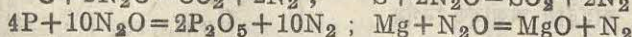
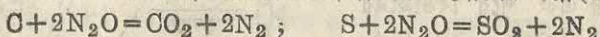
এইভাবে যে নাইট্রাস অক্সাইড প্রস্তুত হয় তাহাতে নাইট্রিক অক্সাইড, নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড, অ্যামোনিয়া, নাইট্রোজেন, জলীয় বাষ্প ইত্যাদি সামান্য পরিমাণে অশুদ্ধি হিসাবে থাকে। এই গ্যাসকে প্রথমে কষ্টিক সোডার মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড দূর করা হয়। পরে উহা যথাক্রমে ফেরাস সালফেট দ্রবণ এবং গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করা হয়। ফেরাস সালফেট নাইট্রিক অক্সাইড এবং গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড জলীয় বাষ্প ও অ্যামোনিয়া শোষণ করে। এইভাবে বিশুদ্ধ গ্যাস মার্কারীর অপসারণ দ্বারাও সংগৃহীত হইতে পারে। ইহাতে অবশ্য সামান্য নাইট্রোজেন থাকিয়া যাইতে পারে।

দ্রষ্টব্য : এই বিক্রিয়া তাপগ্রাহী। 185°C তাপমাত্রায় অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট ভাঙ্গিতে সুরু করে, তবে 250°C তাপাঙ্কে বিক্রিয়ার গতি এত তীব্র হয় যে ইহাতে বিস্ফোরণের সম্ভাবনা থাকে। সেইজন্য ধীরে ধীরে তাপমাত্রা বৃদ্ধি করা প্রয়োজন। বিক্রিয়ার তীব্রতা হ্রাস করার জন্য অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটের পরিবর্তে অ্যামোনিয়াম সালফেট ও সোডিয়াম নাইট্রেটের মিশ্রণ উত্তপ্ত করা যাইতে পারে। ইহাতে প্রথমে বিপরিবর্ত প্রক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট গঠিত হয় এবং পরে উহা যথারীতি তাপ-বিভাজনে নাইট্রাস অক্সাইড উৎপন্ন করে।

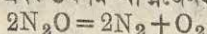
$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaNO_3 = 2NH_4NO_3 + Na_2SO_4$$
$$2NH_4NO_3 = 2N_2O + 4H_2O$$
$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaNO_3 = Na_2SO_4 + 2N_2O + 4H_2O$$

(খ) সালফার ডাই-অক্সাইড দ্বারা নাইট্রিক অক্সাইড এবং স্ট্যানাস ক্লোরাইড দ্বারা নাইট্রিক অ্যাসিড বিজারিত করিয়া নাইট্রাস অক্সাইড পাওয়া যায়। লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড ও ধাতব জিঙ্কের বিক্রিয়ায়ও নাইট্রাস অক্সাইড গঠিত হয়।

$$2NO + SO_2 + H_2O = N_2O + H_2SO_4$$
$$2HNO_3 + 4SnCl_2 + 8HCl = N_2O + 4SnCl_4 + 5H_2O$$
$$4Zn + 10HNO_3 = 4Zn(NO_3)_2 + N_2O + 5H_2O.$$

ধর্ম : ভৌত—(১) নাইট্রাস অক্সাইড একটি বর্ণহীন, মৃদু মিষ্টগন্ধযুক্ত গ্যাসীয় পদার্থ। (২) ইহা উচ্চ চাপে ও শৈত্যপ্রয়োগে বর্ণহীন তরলে পরিণত হয়। (স্ফুটনাঙ্ক —88·5°C)। (৩) ইহা বায়ু অপেক্ষা প্রায় দেড়গুণ ভারী। (৪) ইহা ঠাণ্ডা জলে দ্রাব্য তবে গরম জলে অদ্রাব্য। জল অপেক্ষা অ্যালকোহলে ইহার দ্রাব্যতা অনেক বেশী।

রাসায়নিক : (১) ইহা একটি প্রশম অক্সাইড। (২) অক্সিজেনের ন্যায় এই গ্যাস দাহ্য নয় তবে অপর পদার্থের দহনে ও প্রজ্জলনে সহায়তা করে। একটি শিখাহীন জলন্ত পাটকাঠি, জলন্ত কয়লা, গন্ধকচূর্ণ, ফসফরাস, ম্যাগনেসিয়াম, আয়রনের তার, উত্তপ্ত কপার ইত্যাদি এই গ্যাসের সংস্পর্শে আসিলে তীব্রতার সহিত উজ্জলভাবে জলিতে থাকে। সকল ক্ষেত্রেই বিক্রিয়ায় নাইট্রোজেন ও মৌলের অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$C + 2N_2O = CO_2 + 2N_2 \; ; \quad S + 2N_2O = SO_2 + 2N_2$$
$$4P + 10N_2O = 2P_2O_5 + 10N_2 \; ; \quad Mg + N_2O = MgO + N_2$$
$$Cu + N_2O = CuO + N_2$$

উত্তপ্ত সোডিয়াম ও পটাসিয়াম এই গ্যাসে উজ্জলতার সহিত জলিয়া নাইট্রোজেন ও ধাতব পার-অক্সাইড গঠন করে। $2Na + 2N_2O = Na_2O_2 + 2N_2$

প্রকৃতপক্ষে দহনের তাপমাত্রায় নাইট্রাস অক্সাইড ইহার উপাদান মৌল অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনে বিযোজিত হয় এবং উৎপন্ন অক্সিজেনই দহনের সহায়তা করে।

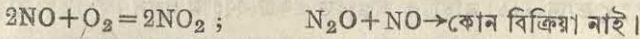
$$2N_2O = 2N_2 + O_2$$

(৪) মানবদেহের উপর এই গ্যাস বিশেষভাবে ক্রিয়া করে। শ্বাসকার্যের সময় বাতাসের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় এই গ্যাস গ্রহণ করিলে একটি উত্তেজনা অনুভূত হয় এবং হাসির উদ্রেক করে। এইজন্য ইহাকে লাফিং গ্যাস (laughing gas) বলা হয়। কিছুক্ষণ ইহা গ্রহণ করিলে মানুষ সংজ্ঞাহীন হইয়া পড়ে এবং তখন বেদনার অনুভূতি হারায়। অধিকক্ষণ ধরিয়া অধিক পরিমাণ গ্রহণের পরিণতিতে মৃত্যু হইতে পারে।

ব্যবহার : ইহা ক্ষীণ চেতনানাশকরূপে ব্যবহৃত হয়। প্রধানতঃ দাঁততোলা এবং অন্যান্য সাধারণ অস্ত্রোপচারে এই গ্যাস ডাক্তারেরা ব্যবহার করেন।

নাইট্রাস অক্সাইড ও অক্সিজেনের তুলনা :

নাইট্রাস অক্সাইড এবং অক্সিজেন উভয়েই বর্ণহীন গ্যাসীয় পদার্থ। উভয়েই দাহ্য নয় কিন্তু অন্য পদার্থের দহনের সহায়ক।

কিন্তু অক্সিজেন নাইট্রিক অক্সাইডের সহিত সাধারণ তাপমাত্রায় বিক্রিয়া করিয়া লালবাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করে, কিন্তু নাইট্রাস অক্সাইড নাইট্রিক অক্সাইডের সহিত ক্রিয়াহীন।

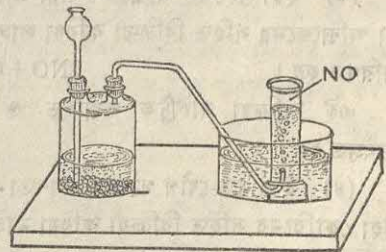
$2NO + O_2 = 2NO_2$; $N_2O + NO \rightarrow$ কোন বিক্রিয়া নাই।

অক্সিজেন ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্রবণে শোষিত হইয়া দ্রবণের বর্ণ তামাটে করে। ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্রবণের সহিত নাইট্রাস অক্সাইড ক্রিয়া করে না।

অক্সিজেন অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণে শোষিত হয় এবং দ্রবণের বর্ণ নীল হয়। কিন্তু নাইট্রাস অক্সাইড এইরূপ কোন ক্রিয়া করে না।

নাইট্রিক অক্সাইড [NO]

বিজ্ঞানী প্রিস্টলী এই গ্যাস আবিষ্কার করেন।

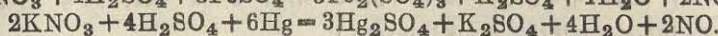
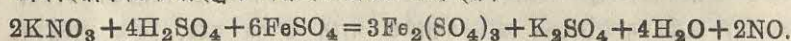
প্রস্তুতি : (ক) ল্যাবরেটরী পদ্ধতি : ল্যাবরেটরীতে সাধারণ তাপমাত্রায় নাতি-গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের (1 : 1) সহিত ধাতব কপারের বিক্রিয়ায় ইহা প্রস্তুত করা হয়। $3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$

দীর্ঘনাল ফানেল ও নির্গম নলযুক্ত একটি উল্ফ বোতলে কিছু কপারের ছিব্ড়া লওয়া হয়। ব্যবহৃত যন্ত্রপাতি বায়ুরুদ্ধ থাকা আবশ্যক। দীর্ঘনাল ফানেল দিয়া সম-আয়তনে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ও জলের মিশ্রণ উল্ফ বোতলে এমনভাবে ঢালা হয় যাহাতে দীর্ঘনাল ফানেলের শেষপ্রান্ত এবং কপারের ছিব্ড়া অ্যাসিড দ্রবণে ডুবানো থাকে। নির্গম নলের শেষপ্রান্ত দ্রবণের অনেক উপরে রাখা হয়। অ্যাসিড এবং কপার পরস্পর সংস্পর্শে আসিবামাত্রই বিক্রিয়া সুরু করিয়া নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে এবং বোতলের অভ্যন্তরস্থ বায়ুর সহিত বিক্রিয়া করিয়া গাঢ় বাদামী বর্ণের ধোঁয়ার

চিত্র ২(৫৩)—ল্যাবরেটরীতে নাইট্রিক অক্সাইড প্রস্তুতি

সৃষ্টি করে। এই বাদামী গ্যাস সম্পূর্ণ দূরীভূত হওয়ার জন্য কিছুক্ষণ নাইট্রিক অক্সাইড বাহির হইতে দেওয়া হয়। পরে বর্ণহীন গ্যাস জলের নিম্নাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।

এইভাবে উৎপন্ন গ্যাসে নাইট্রোজেন ও উহার অন্যান্য অক্সাইড সামান্য পরিমাণে অশুদ্ধি হিসাবে থাকে। উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস সম্পৃক্ত ফেরাস সালফেট দ্রবণের মধ্য দিয়া পরিচালিত করিলে ফেরাস সালফেট দ্রবণ কেবলমাত্র নাইট্রিক অক্সাইডকে শোষণ করিয়া একটি বাদামী বর্ণের যুত-যৌগ $Fe(NO)SO_4$ গঠন করে। এই বাদামী দ্রবণকে উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

(খ) সাধারণতঃ পটাসিয়াম নাইট্রেট, ফেরাস সালফেট এবং সালফিউরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিয়া অথবা পটাসিয়াম নাইট্রেট, ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ও মার্কারী মিশ্রণ ঝাঁকাইয়া বিশুদ্ধ নাইট্রিক অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।

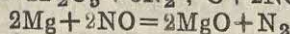
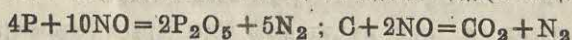
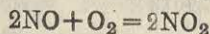
$$2KNO_3+4H_2SO_4+6FeSO_4=3Fe_2(SO_4)_3+K_2SO_4+4H_2O+2NO.$$
$$2KNO_3+4H_2SO_4+6Hg=3Hg_2SO_4+K_2SO_4+4H_2O+2NO.$$

ধর্ম : ভৌত—(১) নাইট্রিক অক্সাইড একটি বর্ণহীন গ্যাস। (২) ইহা বায়ু অপেক্ষা সামান্য ভারী। (৩) জলে প্রায় অদ্রাব্য। সাধারণভাবে তরলে পরিণত করা যায় না।

রাসায়নিক : (১) ইহা একটি প্রশম অক্সাইড।

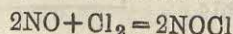
(২) ইহা দাহ্য নহে। সাধারণভাবে দহনের সহায়তা করে না। সামান্য উত্তাপে ইহা বিযোজিত হয় না। জ্বলন্ত মোমবাতি, জ্বলন্ত পাটকাঠি, সালফার, ফসফরাস এই গ্যাসে প্রবেশ করাইলে উহারা নিভিয়া যায়।

কিন্তু উচ্চ তাপমাত্রায় নাইট্রিক অক্সাইড বিযোজিত হইয়া নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন দেয় এবং এই উৎপন্ন অক্সিজেন দহনের সহায়তা করে। $2NO=N_2+O_2$

সেইজন্য উত্তমরূপে প্রজ্বলিত ফসফরাস, কার্বন ও ম্যাগনেসিয়াম এই গ্যাসে জ্বলিতে থাকে এবং দহনের ফলে নাইট্রোজেন এবং এই সব মৌলের অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$4P+10NO=2P_2O_5+5N_2\ ;\ C+2NO=CO_2+N_2$$
$$2Mg+2NO=2MgO+N_2$$

(৩) ইহা সহজেই অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়। সাধারণ তাপমাত্রায় ইহা বাতাস বা অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া লাল বাদামী নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে পরিণত হয়। $2NO+O_2=2NO_2$

এই বিক্রিয়া নাইট্রিক অক্সাইড ও অক্সিজেন উভয়েরই পরিচায়ক পরীক্ষারূপে ব্যবহৃত হয়।

(৪) ইহা যুত-যৌগ গঠনের প্রবণতা দেখায়। চারকোল অনুঘটকের উপস্থিতিতে ইহা ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রোসিল ক্লোরাইড যুত-যৌগ গঠন করে।

$$2NO+Cl_2=2NOCl$$

ইহা সাধারণ তাপমাত্রায় ফেরাস সালফেট দ্রবণে শোষিত হইয়া একটি অস্থায়ী বাদামী বর্ণের নাইট্রোসো যুত-যৌগ গঠন করে। এই বাদামী যৌগ উত্তপ্ত করিলে বিযোজিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড নির্গত করে। $FeSO_4+NO\rightleftharpoons Fe(NO)SO_4$

নাইট্রেট ও নাইট্রাইট মূলকের সনাক্তকরণের জন্য বলয় পরীক্ষায় (Ring Test) এই বিক্রিয়া ব্যবহৃত হয়।

(৫) নাইট্রিক অক্সাইড ও হাইড্রোজেনের গ্যাসমিশ্রণ একটি উত্তপ্ত টিউবে প্লাটিনাম আচ্ছাদিত অ্যাসবেস্টসের (অনুঘটক) উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে নাইট্রিক অক্সাইড অ্যামোনিয়াতে বিজারিত হয়। $2NO+5H_2=2NH_3+2H_2O$.

ইহা উত্তপ্ত ধাতু যথা সোডিয়াম, পটাসিয়াম, আয়রন, কপার বা নিকেলের উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে নাইট্রোজেনে বিজারিত হয়। $2Cu+2NO=2CuO+N_2$

এই বিক্রিয়া দ্বারা নাইট্রিক অক্সাইডে নাইট্রোজেনের উপস্থিতি প্রমাণ করা যায়।

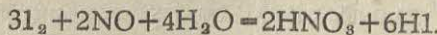
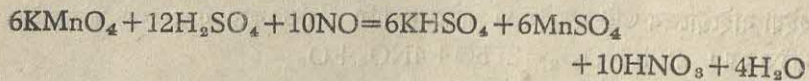
(৬) কার্বন ডাই-সালফাইড বাষ্প ও নাইট্রিক অক্সাইড মিশ্রণে আগুন ধরাইলে উহা নীলবর্ণের শিখাসহ জ্বলে। এই ক্ষেত্রে কার্বন ডাই-সালফাইড ও নাইট্রিক অক্সাইডের বিক্রিয়ায় দাহ্য কার্বন মনোক্সাইড গঠিত হয়। $2CS_2+10NO=2CO+4SO_2+5N_2$

এই সব বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অক্সাইডের জারণধর্ম প্রকাশ পায়।

(৭) নাইট্রিক অক্সাইডের বিজারণধর্ম আছে। ইহা অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম পার-ম্যাঙ্গানেটকে বর্ণহীন ম্যাঙ্গানাস লবণে বিজারিত করে। নাইট্রিক অক্সাইড নিজে নাইট্রিক অ্যাসিডে জারিত হয়।

আয়োডিন নাইট্রিক অক্সাইডকে নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত করে।

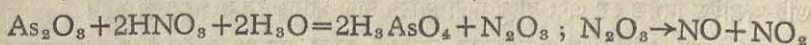
$$6KMnO_4+12H_2SO_4+10NO=6KHSO_4+6MnSO_4+10HNO_3+4H_2O$$

$$3I_2+2NO+4H_2O=2HNO_3+6HI.$$

ব্যবহার: লেড-প্রকোষ্ঠ পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদনে উহা অক্সিজেনের বাহক (Carrier of oxygen) রূপে ব্যবহৃত হয়।

পরিচায়ক পরীক্ষা: (১) ইহা বাতাসের সহিত মিশিয়া লাল বাদামী গ্যাস উৎপন্ন করে। (২) ফেরাস সালফেট দ্রবণে শোষিত হইয়া দ্রবণের বর্ণ বাদামী করে।

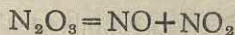
নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড, N_2O_3

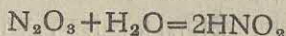
প্রস্তুতি: লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডকে (60%) আর্সেনিয়াস অক্সাইড বা স্টার্চ সহযোগে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিয়া পাতিত করিলে লাল বর্ণের গ্যাস নির্গত হয়, উহাকে হিমমিশ্রণে শীতলীকৃত পাত্রে জমা করিলে উহা একটি গাঢ় নীল তরলে পরিণত হয়। ইহাই নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড। তবে উৎপত্তিকালেই ইহা অনেকটা নাইট্রিক অক্সাইড ও নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে বিযোজিত হয়।

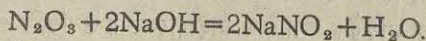
$$As_2O_3+2HNO_3+2H_2O=2H_3AsO_4+N_2O_3\ ;\ N_2O_3\rightarrow NO+NO_2$$

যৌগটি খুব **অস্থায়ী** প্রকৃতির। সাধারণ তাপমাত্রায়ই উহার 90% বিযোজিত হয়। ইহা একমাত্র তরলাকারে স্থায়ী।

ধর্ম: ভৌত—শুষ্ক অবস্থায় সাধারণ তাপমাত্রায় ইহা একটি লাল-বাদামী বর্ণের গ্যাস।

রাসায়নিক : (১) উহা সুস্থিত যৌগ নহে। উষ্ণতাবৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গেই উহা নাইট্রিক অক্সাইড ও নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে বিযোজিত হয়।

$$N_2O_3 = NO + NO_2$$

(২) ইহা একটি অ্যাসিডিক অক্সাইড। ইহা বরফজলে দ্রবীভূত হইয়া নাইট্রাস অ্যাসিড দেয়। সেইজন্য ইহাকে এই অ্যাসিডের নিরুদক বলা হয়।

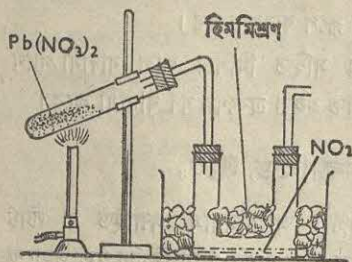
$$N_2O_3 + H_2O = 2HNO_2$$

ইহা ক্ষার দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ায় নাইট্রাইট লবণ উৎপন্ন করে।

$$N_2O_3 + 2NaOH = 2NaNO_2 + H_2O.$$

(৩) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড এই লাল গ্যাস শোষণ করিয়া নাইট্রোসো সালফিউরিক অ্যাসিড গঠন করে।

নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড, NO_2, ডাই-নাইট্রোজেন টেট্রোক্সাইড, N_2O_4

প্রস্তুতি : (ক) **নাইট্রেট লবণ হইতে :**

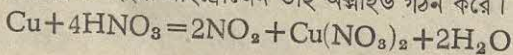
ল্যাবরেটরী পদ্ধতি : ল্যাবরেটরীতে সাধারণতঃ শুষ্ক লেড নাইট্রেটকে উচ্চ তাপাঙ্কে উত্তপ্ত করিয়া উহা প্রস্তুত করা হয়। তাপপ্রয়োগে লেড নাইট্রেট বিযোজিত হইয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেন গ্যাস নির্গত করে এবং লেড মনোক্সাইড গঠিত হয়। $2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2$

নির্গম নলযুক্ত একটি শক্ত মোটা কাচনলে শুষ্ক বিচূর্ণ লেড নাইট্রেট লওয়া হয়। নির্গম নলটি বরফ-লবণ হিমমিশ্রণে ডুবানো একটি U-নলের সহিত যুক্ত করা থাকে। অতঃপর মোটা নলের লেড নাইট্রেট ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে অক্সিজেনসহ বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গম নল দিয়া নির্গত হয় এবং হিমমিশ্রণে শীতলীকৃত U-নলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইবার সময় ইহার শীতলতার সংস্পর্শে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ঘনীভূত হইয়া একটি হলুদ বর্ণের তরলরূপে U-নলে জমা হয়। অক্সিজেন U-নলের অপর মুখ দিয়া বাহির হইয়া যায়।

চিত্র ২ (৫৪)—নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি

অতঃপর U নলটি উষ্ণ-জলে বসাইলে গাঢ় বাদামী ধোঁয়ার আকারে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয় এবং বায়ুর নিম্নাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।

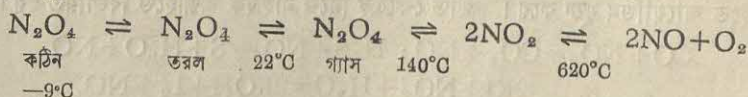
সোডিয়াম, পটাসিয়াম ও সিলভার নাইট্রেট ছাড়া অনেক নাইট্রেট লবণই তাপ-প্রয়োগে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড দেয়।

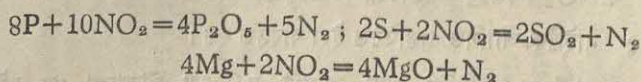
(খ) **নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে :** গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড কপার, জিঙ্ক, ইত্যাদি ধাতু দ্বারা বিজারিত হইয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গঠন করে।

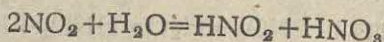
$$Cu + 4HNO_3 = 2NO_2 + Cu(NO_3)_2 + 2H_2O$$

গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডকে উচ্চ তাপাঙ্কে তাপিত করিলেও নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়। $4HNO_3 = 2H_2O + O_2 + 4NO_2$.

(গ) **নাইট্রিক অক্সাইড হইতে:** নাইট্রিক অক্সাইড সাধারণ তাপমাত্রায় অক্সিজেনের সহিত ক্রিয়া করিয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। 2 আয়তন নাইট্রিক অক্সাইড ও 1 আয়তন অক্সিজেন মিশ্রণকে ধীরে ধীরে হিমমিশ্রণে রাখা একটি U-নলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে U-নলে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড তরলরূপে পাওয়া যায়। $2NO + O_2 = 2NO_2$.

ধর্ম: (১) ইহা একটি শ্বাসরোধী গন্ধযুক্ত বিষাক্ত গ্যাস। (২) সাধারণ তাপমাত্রায় ইহা গাঢ় বাদামী বর্ণের। হিমমিশ্রণে শীতল করিলে ইহা হলুদ বর্ণের তরলে রূপান্তরিত হয় (স্ফুটনাঙ্ক 22°C)। —9°C উষ্ণতায় ইহা বর্ণহীন স্ফটিক গঠন করে। এই কঠিন পদার্থের আণবিক সঙ্কেত N_2O_4 ; উত্তপ্ত করিলে প্রথমে হলুদ বর্ণের তরলে এবং 22° উষ্ণতায় বাদামী গ্যাসে পরিণত হয়। উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে বর্ণের গাঢ়তাও বৃদ্ধি পায় এবং 140°C তাপমাত্রায় N_2O_4 অণুগুলি NO_2 অণুতে বিয়োজিত হয়। আরও অধিক তাপমাত্রায় ইহা নাইট্রিক অক্সাইড ও অক্সিজেনে পরিণত হয়।

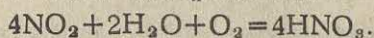
$$\underset{\substack{\text{কঠিন}\\ -9^\circ C}}{N_2O_4} \rightleftharpoons \underset{\text{তরল}}{N_2O_4} \underset{22^\circ C}{\rightleftharpoons} \underset{\text{গ্যাস}}{N_2O_4} \underset{140^\circ C}{\rightleftharpoons} 2NO_2 \underset{620^\circ C}{\rightleftharpoons} 2NO + O_2$$

(৩) গ্যাসীয় নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড **দাহ্য নহে** এবং সাধারণভাবে **দহনের সহায়ক নহে**। শিখাহীন একটি জ্বলন্ত কাঠি এই গ্যাসপূর্ণ জারে প্রবেশ করাইলে উহা নিভিয়া যায়। গ্যাসও জ্বলে না। কিন্তু তীব্রভাবে প্রজ্বলিত ফসফরাস, সালফার, কার্বন এবং ম্যাগনেসিয়াম এই গ্যাসে উজ্জ্বলভাবে জ্বলিতে থাকে এবং ঐ সব মৌলের অক্সাইডসহ নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয়। এই প্রজ্বলনকালে তাপমাত্রা এইরূপ উচ্চ হয় যাহাতে গ্যাসটি নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনে বিশ্লিষ্ট হয়। এই অক্সিজেনেই বস্তুতঃ দহনক্রিয়া সম্পন্ন হয়।

$$8P + 10NO_2 = 4P_2O_5 + 5N_2 \,;\; 2S + 2NO_2 = 2SO_2 + N_2$$
$$4Mg + 2NO_2 = 4MgO + N_2$$

পটাসিয়াম-ধাতু স্বতঃই এই গ্যাসে জ্বলিতে থাকে এবং বিক্রিয়াজাত দ্রব্য হিসাবে পটাসিয়াম নাইট্রেট ও নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়। $K + 2NO_2 = KNO_3 + NO$.

(৪) নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড একটি অ্যাসিডিক অক্সাইড। শীতল এবং অল্প জলে ইহাকে দ্রবীভূত করিলে জলীয় দ্রবণে নাইট্রাস ও নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। এইজন্য ইহাকে এই অ্যাসিড দুইটির মিশ্র নিরুদক বলা হয়।

$$2NO_2 + H_2O = HNO_2 + HNO_3$$

অতিরিক্ত জল বা গরম জলের সহিত বিক্রিয়ায় ইহা নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অক্সাইড দেয়। $3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO$.

অতিরিক্ত বায়ুর উপস্থিতিতে সাধারণ উষ্ণতায় নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়ায় কেবল নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

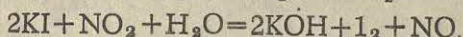
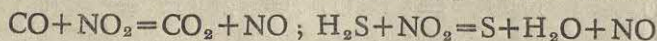
$$4NO_2+2H_2O+O_2=4HNO_3.$$

ক্ষার দ্রবণের (কষ্টিক সোডা বা কষ্টিক পটাস) সহিত বিক্রিয়া করিয়া ইহা নাইট্রাইট ও নাইট্রেট লবণ দেয়। $2NO_2+2KOH=KNO_3+H_2O+KNO_2$.

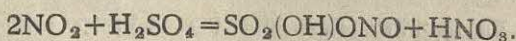
(৫) ইহার জারণক্ষমতা উল্লেখযোগ্য। স্টীমের উপস্থিতিতে ইহা সালফার ডাই-অক্সাইডকে জারিত করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে এবং নিজে নাইট্রিক অক্সাইডে বিজারিত হয়। $NO_2+SO_2+H_2O=H_2SO_4+NO$.

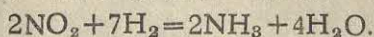
লোহিততপ্ত কপারের উপর দিয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড চালনা করিলে ইহা লাল কপারকে কালো কিউপ্রিক অক্সাইডে জারিত করে। নিজে বিজারিত হয় মৌল নাইট্রোজেনে। এই বিক্রিয়া দ্বারা নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে নাইট্রোজেনের উপস্থিতি প্রমাণ করা যায়। $4Cu+2NO_2=4CuO+N_2$.

ইহা কার্বন মনোক্সাইডকে কার্বন ডাই-অক্সাইডে জারিত করে। হাইড্রোজেন সালফাইডকে জারিত করিয়া সালফার অধঃক্ষিপ্ত করে এবং পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে আয়োডিন মুক্ত করে। প্রতি ক্ষেত্রেই নিজে নাইট্রিক অক্সাইডে বিজারিত হয়।

$$CO+NO_2=CO_2+NO\ ;\ H_2S+NO_2=S+H_2O+NO$$

$$2KI+NO_2+H_2O=2KOH+I_2+NO.$$

(৬) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড কর্তৃক নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড শোষিত হইয়া নাইট্রোসালফিউরিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অ্যাসিড দেয়।

$$2NO_2+H_2SO_4=\underset{\text{নাইট্রোসালফিউরিক অ্যাসিড}}{SO_2(OH)ONO}+HNO_3.$$

(৭) উপযুক্ত পরিমাণ নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও হাইড্রোজেন মিশ্রণ প্লাটিনামের উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়।

$$2NO_2+7H_2=2NH_3+4H_2O.$$

ব্যবহার : নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

পরিচায়ক পরীক্ষা : বিশিষ্ট গাঢ় বাদামী বর্ণ এবং ঝাঁঝালো গন্ধ হইতে ইহাকে সহজে সনাক্ত করা যায়। এখানে উল্লেখ করা প্রয়োজন যে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও ব্রোমিনের বাষ্পের রঙ মোটামুটি একই প্রকার। উভয়েরই ঝাঁঝালো গন্ধ আছে। কোন গ্যাস নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড বা ব্রোমিন কি না জানিতে হইলে এই গ্যাসকে জলে প্রবাহিত করিতে হয়।

নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ বর্ণহীন এবং উহাতে নাইট্রিক ও নাইট্রাস অ্যাসিডের মিশ্রণ থাকে। $2NO_2+H_2O=HNO_3+HNO_2$

ইহা কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রাব্য নহে। ব্রোমিনের জলীয় দ্রবণ লালচে বর্ণের। ব্রোমিন কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রাব্য এবং এই দ্রবণ বাদামী রঙের।

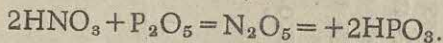
নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইডের তুলনা

N_2O	NO	N_2O_3	NO_2	N_2O_5
বর্ণহীন, স্বল্প মিষ্ট স্বাদযুক্ত, হাস্য উদ্রেককারী গ্যাস	গন্ধহীন, বর্ণহীন গ্যাস	গাঢ় বাদামী, গন্ধহীন গ্যাস নিম্ন তাপমাত্রায় নীল তরল।	গাঢ় বাদামী গ্যাস। নিম্ন তাপমাত্রায় হলুদ তরল, ঝাঁঝালো শ্বাসরোধী গন্ধ আছে।	সাদা, গন্ধহীন কঠিন, পদার্থ।
বায়ুর সহিত বাদামী ধোঁয়া উৎপন্ন করে না।	বায়ুর সহিত বিক্রিয়ায় বাদামী বর্ণের গ্যাস উৎপন্ন করে। $2NO+O_2=2NO_2$	স্বাভাবিক ভাবে বিযোজিত হইয়া বাদামী ধোঁয়া দেয়। $N_2O_3 \rightleftharpoons NO+NO_2$	—	তাপ প্রয়োগে বাদামী বর্ণের ধোঁয়ার সৃষ্টি করে। $2N_2O_5=4NO_2+O_2$
প্রশম অক্সাইড শীতল জলে দ্রবণীয়, গরম জলে অদ্রবণীয়।	প্রশম অক্সাইড শীতল জলে কম দ্রাব্য	অ্যাসিডধর্মী অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইয়া নাইট্রাস অ্যাসিড দেয়। $N_2O_3+H_2O=2HNO_2$	অ্যাসিড ধর্মী অক্সাইড। শীতল জলে দ্রবীভূত হইয়া নাইট্রাস ও নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। উষ্ণ জলে নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অক্সাইড গঠন করে। $2NO_2+H_2O=HNO_2+HNO_3$ $3NO_2+H_2O=2HNO_3+NO$	অ্যাসিড ধর্মী অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিড দেয়। $N_2O_5+H_2O=2HNO_3$
দাহ্য নয়। তবে দহনের সহায়তা করে, কারণ তাপ প্রয়োগে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনে বিযোজিত হয়। শিখাহীন জ্বলন্ত পাটকাঠি প্রজ্বলিত করে। জ্বলন্ত, সালফার, কার্বন, ফসফরাস, সোডিয়াম ম্যাগনেসিয়াম উজ্জ্বলশিখাসহ জ্বলে।	দাহ্য নয়। সাধারণ ভাবে দহনের সহায়তা করে না। ইহা লালাভ পাটকাঠি প্রজ্বলিত করে না। তবে উচ্চ তাপমাত্রায় কার্বন, সালফার, ফসফরাস, সোডিয়াম, ম্যাগনেসিয়ামের দহন ইহাতে সম্ভব হয়।	দাহ্য নয়। সাধারণ ভাবে দহনের অসহায়ক। ইহা লালাভ পাটকাঠি প্রজ্বলিত করে না। তবে উচ্চতর তাপাঙ্কে ইহাতে কার্বন, সালফার, ফসফরাস, সোডিয়াম, ম্যাগনেসিয়ামের দহন সম্ভব।	দাহ্য নয়। অল্প তাপাঙ্কে দহনের সহায়ক নহে, উচ্চতর তাপমাত্রায় ইহাতে জ্বলন্ত কার্বন, সালফার, ফসফরাস, সোডিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম জ্বলিতে থাকে।	স্বাভাবিক তাপাঙ্কে গ্যাস নহে তাই দাহক নহে।
জারক দ্রব্য	জারণধর্মী	জারণধর্মী। পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে আয়োডিন মুক্ত করে।	জারণধর্মী পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে আয়োডিন মুক্ত করে।	জারণধর্মী।
—	ফেরাস সালফেটের সম্পৃক্ত দ্রবণ দ্বারা শোষিত হয়।	—	ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ও ক্ষার দ্রবণ দ্বারা শোষিত হয়।	

নাইট্রোজেনের সব অক্সাইড উত্তপ্ত কপার, আয়রন, সোডিয়াম, পটাসিয়াম দ্বারা নাইট্রোজেনে বিজারিত হয়

নাইট্রোজেন পেন্টোক্সাইড, $[N_2O_5]$

প্রস্তুতি : (ক) গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডকে ফসফরাস পেন্টোক্সাইড দ্বারা নিরুদিত করিয়া নাইট্রোজেন পেন্টোক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।

$$2HNO_3+P_2O_5=N_2O_5=+2HPO_3.$$

মেটাফসফরিক অ্যাসিড

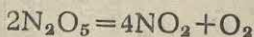
একটি রিটর্টে উত্তমরূপে শীতল ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড ও ফসফরাস পেন্টোক্সাইডের মিশ্রণ (লেই) লইয়া উহা জলগাহে বসানো হয়। রিটর্টের মুখে একটি গ্রাহকপাত্র আটকানো থাকে। অতঃপর রিটর্টটি ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে নাইট্রোজেন পেন্টোক্সাইড পাতিত হইয়া কমলা রংএর তরলাকারে গ্রাহকে সঞ্চিত হয়। এই তরলকে হিমমিশ্রণে শীতল করিলে নাইট্রোজেন পেন্টোক্সাইডের কঠিন কেলাস পাওয়া যায়।

(খ) শুষ্ক সিলভার নাইট্রেট ও ক্লোরিন গ্যাসের বিক্রিয়ায়ও নাইট্রোজেন পেন্টোক্সাইড গঠিত হয়। $4AgNO_3+2Cl_2=4AgCl+2N_2O_5+O_2$

(গ) নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও ওজোনের পরস্পর বিক্রিয়ায় নাইট্রোজেন পেন্টোক্সাইড তৈয়ারী হইতে পারে। $N_2O_4+O_3=N_2O_5+O_2$

ধর্ম : ভৌত—সাধারণ অবস্থায় ইহা বর্ণহীন স্ফটিকাকার কঠিন পদার্থ।

রাসায়নিক : (১) 30°C তাপাঙ্কে ইহা প্রথমে কমলা রংএর তরলে পরিণত হয়। আরও উচ্চ তাপমাত্রায় ধীরে ধীরে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনে বিযোজিত হয়। তাপমাত্রা 50°C হইলে বিস্ফোরণসহ এই বিযোজন ঘটে।

$$2N_2O_5=4NO_2+O_2$$

(২) ইহা একটি অ্যাসিডধর্মী অক্সাইড এবং জলাকর্ষী পদার্থ। ইহা জলে সহজে দ্রবীভূত হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিড দেয়। সেইজন্য ইহাকে নাইট্রিক অ্যাসিডের নিরুদক বলা হয়। $N_2O_5+H_2O=2HNO_3.$

(৩) নাইট্রোজেন পেন্টোক্সাইড বাষ্পে জ্বলন্ত চারকোলখণ্ড উজ্জ্বলভাবে জ্বলিতে থাকে। সোডিয়াম, ফসফরাস প্রভৃতি তরল নাইট্রোজেন পেন্টোক্সাইডের সহিত উত্তপ্ত করিলে জ্বলিয়া ওঠে।

(৪) ইহা জারণধর্মী পদার্থ। ইহা আয়োডিনকে আয়োডিন পেন্টোক্সাইডে (I_2O_5) জারিত করে।

ফসফরাসের অক্সাইড

ফসফরাস **দুইটি প্রধান অক্সাইড** গঠন করে। যথা,

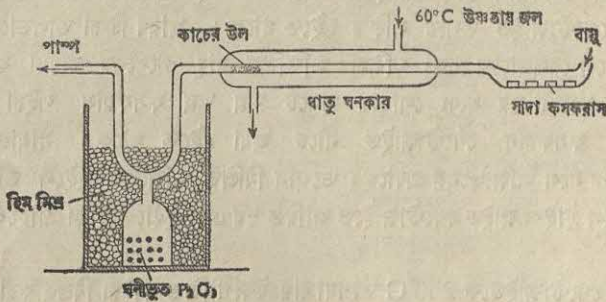
ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড—P_2O_3— (P_4O_6)

ফসফরাস পেন্টোক্সাইড—P_2O_5 — (P_4H_{10})

ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড $[P_2O_3]$

প্রস্তুতি : শ্বেত ফসফরাসকে স্বল্পবায়ুতে সাধারণ তাপমাত্রায় বা সামান্য উত্তাপে জারিত করিয়া ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। $4P+3O_2=2P_2O_3$.

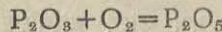
একটি কাচের নলে কয়েক টুকরা শ্বেত ফসফরাস লওয়া হয়। নলের একপ্রান্তে

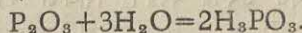
একটি শীতকনল (Condenser) যুক্ত করিয়া অপর প্রান্ত দিয়া অক্সিজেন প্রবেশ করানোর ব্যবস্থা করা হয়। শীতকনলের অপর প্রান্ত হিমমিশ্রণে ডুবানো একটি U-টিউবের সহিত যুক্ত। একটু কাচের উল (glass wool) শীতকনলের মধ্যের নলের শেষ প্রান্তে প্রবেশ করানো হয়। অতঃপর নিয়ন্ত্রিত বায়ুপ্রবাহ ধীরে ধীরে সামান্য উত্তপ্ত ফসফরাসের উপর চালনা করিলে ফসফরাস জ্বলিতে থাকে এবং ফসফরাস ট্রাই অক্সাইডে জারিত হইয়া বাষ্পাকারে বায়ুপ্রবাহের সহিত শীতক নলের মধ্য দিয়া নির্গত হয়। ইহার সঙ্গে সামান্য ফসফরাস পেন্টোক্সাইড উৎপন্ন হয়। শীতকনলের বাহিরের নলমধ্যে 60°C তাপমাত্রায় গরম জল প্রবাহিত করা হয়। এই উষ্ণতায় ফসফরাস পেন্টোক্সাইড

চিত্র ২(৫৫)—ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড প্রস্তুতি

কঠিন অবস্থায় থাকে এবং কাচের উল দ্বারা আটকা পড়ায় শীতকনলের বাহিরে যাইতে পারে না। পক্ষান্তরে উদ্বায়ী ফসফরাস ট্রাই অক্সাইড কাচ-উলের মধ্য দিয়া অতিক্রম করে এবং হিমমিশ্রণে ডুবানো U-টিউবের শীতলতায় ঘনীভূত হইয়া কঠিনাকারে ইহাতে জমা হয়। নিষ্কাশন পাম্প ব্যবহার করিয়া কাচের নলের গ্যাসপ্রবাহ অব্যাহত রাখা হয়।

ধর্ম ঃ ভৌত—সাধারণ তাপমাত্রায় ইহা বর্ণহীন, রসুনের ন্যায় গন্ধ বিশিষ্ট, মোমের মত নরম কঠিন পদার্থ। (গলনাঙ্ক 23·8°C এবং স্ফুটনাঙ্ক 173°C)

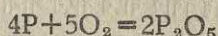
ইহা বিষাক্ত। ইহার বাষ্পীয় ঘনত্ব 110, সুতরাং আণবিক সংকেত সঠিকভাবে P_4O_6। ইহা জলে দ্রাব্য। ইথার, বেঞ্জিন, কার্বন ডাই-সালফাইড, ক্লোরোফর্ম প্রভৃতি জৈব দ্রাবকেও দ্রাব্য কিন্তু অ্যালকোহলের সংস্পর্শে ইহা জ্বলিয়া উঠে।

রাসায়নিক ঃ (১) ইহা সহজেই বায়ু বা অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া ফসফরাস পেন্টোক্সাইড দেয়। $P_2O_3 + O_2 = P_2O_5$

উত্তপ্ত অক্সিজেন বা ক্লোরিন গ্যাসে ইহা সবুজ শিখা সহ জ্বলে। (২) ইহা একটি অ্যাসিডিক অক্সাইড। ঠাণ্ডা জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ফসফরাস অ্যাসিড গঠন করে। এইজন্য ফসফরাস ট্রাই অক্সাইড ফসফরাস অ্যাসিডের নিরুদক।

$$P_2O_3 + 3H_2O = 2H_3PO_3.$$

কিন্তু গরম জলে ভিন্ন ভাবে বিক্রিয়া হয়। গরম জলের সহিত বিক্রিয়ায় ইহা ফসফিন গ্যাস নির্গত করে এবং ফসফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। বিক্রিয়া কালে সামান্য বিস্ফোরণ হয়। $2P_2O_3 + 6H_2O = PH_3 + 3H_3PO_4$.

ফসফরাস পেণ্টোক্সাইড [P_2O_5]

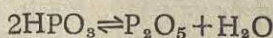
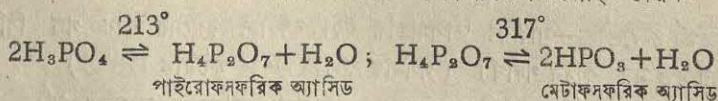
প্রস্তুতি : (ক) শ্বেত ফসফরাসকে জারিত করিয়া : অতিরিক্ত অক্সিজেনে বা বাতাসে উত্তপ্ত শ্বেত ফসফরাসের জারণ দ্বারা ফসফরাস পেণ্টোক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$4P+5O_2=2P_2O_5$$

একটি চীনামাটির পাত্রের উপর একটি মুচিতে কিছু শ্বেত ফসফরাস লইয়া উহাতে উত্তপ্ত লৌহশলাকা দ্বারা আগুন ধরানো হয় এবং একটি বেলজার দিয়া ঢাকিয়া দেওয়া হয়। বেলজারের ভিতরে প্রচুর ধোঁয়ার আকারে ফসফরাস পেণ্টোক্সাইড তৈরী হয়। সঙ্গে কিছুটা ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইডও থাকে। এই ধোঁয়া ঠাণ্ডা করিলে কঠিন ফসফরাস পেণ্টোক্সাইড তলায় সঞ্চিত হইতে থাকে। জারণ ক্রিয়া ভালভাবে হওয়ার জন্য মধ্যে মধ্যে বেলজারের ঢাকা খুলিয়া অতিরিক্ত বায়ু প্রবেশের ব্যবস্থা করা হয়। একটি বড় কাচপাত্রের মধ্যে লোহার চামচে অল্প অল্প ফসফরাস লইয়া উহাকে পুড়াইলেও ফসফরাস পেণ্টোক্সাইড নীচে জমা হইতে থাকে। সামান্য P_2O_3 একটি কাচের নলে অক্সিজেনের প্রবাহে (ওজোন মিশ্রিত অক্সিজেন হইলে ভাল হয়) উত্তপ্ত করিলে ট্রাই-অক্সাইড পেণ্টোক্সাইডে জারিত হয় এবং ইহাকে ঠাণ্ডা গ্রাহকে সংগ্রহ করা যায়।

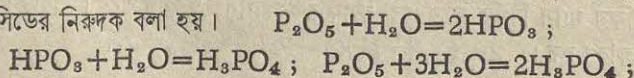
উৎপন্ন পেণ্টোক্সাইডকে 250°C তাপমাত্রায় ঊর্ধ্বপাতিত করিয়া বিশুদ্ধ করা হয়।

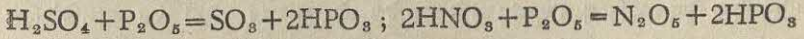
(খ) **উত্তাপ প্রয়োগে অর্থোফসফরিক অ্যাসিডের বিযোজন দ্বারা :** অর্থোফসফরিক অ্যাসিডকে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে উহা ফসফরাস পেণ্টোক্সাইডে নিরুদিত হয়। প্রথমে অর্থোফসফরিক অ্যাসিড হইতে 213°C তাপাঙ্কে পাইরোফসফরিক অ্যাসিড গঠিত হয় যাহা 316°C তাপাঙ্কে মেটাফসফরিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত হয়। আরো অধিক তাপমাত্রায় মেটাফসফরিক অ্যাসিড ফসফরাস পেণ্টোক্সাইড দেয়।

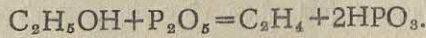
$$2H_3PO_4 \overset{213^\circ}{\rightleftharpoons} \underset{\text{পাইরোফসফরিক অ্যাসিড}}{H_4P_2O_7}+H_2O\ ;\quad H_4P_2O_7 \overset{317^\circ}{\rightleftharpoons} \underset{\text{মেটাফসফরিক অ্যাসিড}}{2HPO_3}+H_2O$$

$$2HPO_3 \rightleftharpoons P_2O_5+H_2O$$

ধর্ম : ভৌত—ফসফরাস পেণ্টোক্সাইড সাধারণ ভাবে একটি সাদা গুঁড়া কঠিন পদার্থ। শীতল করিলে উহা কেলাসে পরিণত হইতে থাকে। 250°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে ইহা ঊর্ধ্বপাতিত হয়। ইহার বাষ্পীয় ঘনত্ব 142 বলিয়া আণবিক সঙ্কেত P_4O_{10} এর নির্দেশ করে। কম তাপে আলোতে রাখার পর অন্ধকারে স্থানান্তরিত করিলে অনুপ্রভ (Phosphorescent) হয়।

রাসায়নিক : ইহা একটি অ্যাসিডিক অক্সাইড। ঠাণ্ডা জলের সহিত বিক্রিয়ায় ইহা মেটাফসফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। বিক্রিয়া কালে একটি হিস্‌হিস্ শব্দ হয়। অতিরিক্ত গরম জলে দ্রবীভূত করিলে ইহা অর্থোফসফরিক অ্যাসিড দেয়। মেটাফসফরিক অ্যাসিডও অর্থোফসফরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। ইহাকে অর্থোফসফরিক অ্যাসিডের নিরুদক বলা হয়। $P_2O_5+H_2O=2HPO_3$;

$$HPO_3+H_2O=H_3PO_4\ ;\quad P_2O_5+3H_2O=2H_3PO_4\ ;$$

জলের প্রতি ইহার আসক্তি প্রবল। ইহা সহজেই জল বা জলীয় বাষ্প শোষণ করে। শুধু তাহাই নহে, ইহা অন্য যৌগের অণু হইতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন জলের অনুপাতে অপসারিত করিতে পারে। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে ইহা জলের অণু শোষণ করিয়া উহাদের নিরুদকে পরিণত করে এবং নিজে মেটাফসফরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$H_2SO_4+P_2O_5=SO_3+2HPO_3\ ;\ 2HNO_3+P_2O_5=N_2O_5+2HPO_3$$

ইহা অ্যালকোহলকে ইথিলিনে নিরুদিত করে।

$$C_2H_5OH+P_2O_5=C_2H_4+2HPO_3.$$

ব্যবহার : (১) প্রবল জলাকর্ষী পদার্থ বলিয়া ইহা ডেসিকেটারে বা গ্যাস টাওয়ারে রক্ষিত আর্দ্র কঠিন, তরল বা গ্যাসকে শুষ্ক করিতে ব্যবহৃত হয়। ইহা ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড বা অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড হইতেও ভাল নিরুদক।

(২) ফসফরিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতেও ইহার ব্যবহার আছে।

সালফারের অক্সাইড : সালফারের **দুইটি প্রধান অক্সাইড** আছে।

নাম	**সঙ্কেত**	**সাধারণ তাপমাত্রায়**	**ধর্ম**	**সালফারের জারণ সংখ্যা**
সালফার ডাই-অক্সাইড	SO_2	গ্যাসীয়	অ্যাসিডিক	+4
সালফার ট্রাই-অক্সাইড	SO_3	কঠিন	অ্যাসিডিক	+6

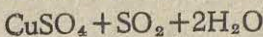
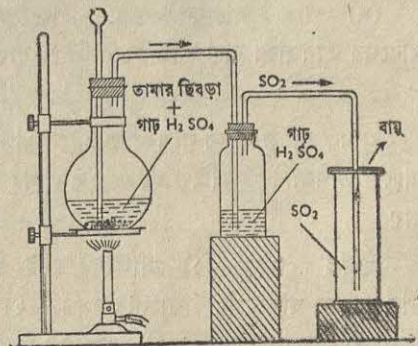
ইহা ছাড়াও কয়েকটি অক্সাইড জানা আছে।

সালফার ডাইঅক্সাইড [SO_2]

মার্কারী ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া 1770 খ্রীঃ বিজ্ঞানী প্রিষ্টলী প্রথম সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করেন।

প্রস্তুতি : (ক) **ঘন সালফিউরিকের বিজারণ হইতে :**

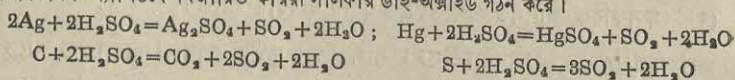
ল্যাবরেটরী পদ্ধতি : কপারের ছিবড়া ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড একত্রে উত্তপ্ত করিয়া ল্যাবরেটরীতে সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। সালফিউরিক অ্যাসিড কপার দ্বারা বিজারিত হইয়া সালফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। উৎপন্ন কপার সালফেট দ্রবণে থাকে। $Cu+2H_2SO_4=$

$$CuSO_4+SO_2+2H_2O$$

একটি কাচের গোলতল ফ্লাস্কে কিছু কপারের ছিবড়া লইয়া ফ্লাস্কের মুখে কর্কের মাধ্যমে একটি দীর্ঘনাল ফানেল এবং নির্গমনল যুক্ত করা হয়।

চিত্র ২(৫৬) ল্যাবরেটরীতে সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি

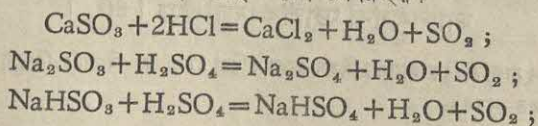
অতঃপর ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড দীর্ঘনাল ফানেল দিয়া এমন ভাবে ফ্লাস্কে ঢালিতে হয় যাহাতে কপারের ছিবড়া এবং দীর্ঘনাল ফানেলের শেষ প্রান্ত অ্যাসিডে ডুবানো থাকে। নির্গম নলটি বাঁকাইয়া ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড পূর্ণ একটি গ্যাস-প্রক্ষালন বোতলে প্রবেশ করানো হয়। ঐ বোতলের অন্যমুখে আর একটি নির্গমনল স্থাপন করিয়া উহার বাহিরের প্রান্ত একটি গ্যাসজারে প্রবেশ করানো হয়। এখন ফ্লাস্কটিকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে সালফার ডাই অক্সাইড উৎপন্ন হয়। উহা ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড-পূর্ণ বোতলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হওয়ার কালে শুষ্ক হয় এবং এই বোতলের অপর প্রান্তস্থিত নির্গমনল দিয়া বাহির হইতে থাকে। এই গ্যাস বায়ু অপেক্ষা ভারী বলিয়া ইহাকে বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়। সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ ও শুষ্ক গ্যাস পাইতে হইলে গ্যাসকে মার্কারীর অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা দরকার।

দ্রষ্টব্য : (অ) কপারের পরিবর্তে ধাতব সিলভার, মার্কারী অথবা অধাতব মৌল কার্বন, সালফার ও সালফিউরিক অ্যাসিডকে বিজারিত করিয়া সালফার ডাই-অক্সাইড গঠন করে।

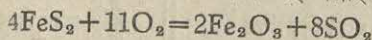
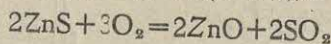
$2Ag+2H_2SO_4=Ag_2SO_4+SO_2+2H_2O$; $Hg+2H_2SO_4=HgSO_4+SO_2+2H_2O$

$C+2H_2SO_4=CO_2+2SO_2+2H_2O$ $S+2H_2SO_4=3SO_2+2H_2O$

(আ) গ্যাস প্রস্তুতির ফ্লাস্কে যে তরল অবশিষ্ট থাকে ইহা হইতে কপার সালফেটকে উপজাত হিসাবে সংগ্রহ করা যাইতে পারে। এই তরলকে জল দ্বারা লঘু করিয়া বাষ্পায়িত করিলে কপার সালফেটের নীল কেলাস পাওয়া যায়।

(খ) **সালফাইট ও বাই-সালফাইট লবণ হইতে প্রস্তুতি :** কোন সালফাইট বা বাই-সালফাইট লবণের সহিত সাধারণ তাপমাত্রায় লঘু সালফিউরিক বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$CaSO_3+2HCl=CaCl_2+H_2O+SO_2 ;$$
$$Na_2SO_3+H_2SO_4=Na_2SO_4+H_2O+SO_2 ;$$
$$NaHSO_3+H_2SO_4=NaHSO_4+H_2O+SO_2 ;$$

(গ) সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে সালফারকে বায়ু বা অক্সিজেনে পুড়াইলে উহা জারিত হইয়া সালফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। $S+O_2=SO_2$

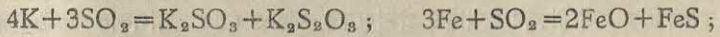
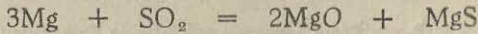
(ঘ) **খনিজ সালফাইডের তাপজারণ হইতে :** আয়রন পাইরাইটস্ নামক খনিজের তাপজারণ দ্বারা অতিরিক্ত পরিমাণ সালফার ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়।

$$4FeS_2+11O_2=2Fe_2O_3+8SO_2$$

অনেক খনিজ ধাতব সালফাইড হইতে ধাতু নিষ্কাশনকালে ধাতব সালফাইডগুলিকে বায়ুতে তাপজারিত করিতে হয় এবং সালফার ডাই-অক্সাইড উপজাত হিসাবে পাওয়া যায়। $2ZnS+3O_2=2ZnO+2SO_2$

ধর্ম : ভৌত—(১) সালফার ডাই-অক্সাইড একটি বর্ণহীন, পোড়া গন্ধকের ন্যায় গন্ধযুক্ত, শ্বাসরোধী, ঝাঁঝালো গ্যাস। (২) ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী। (৩) ইহা জলে অতিমাত্রায় দ্রাব্য। (৪) বরফ ও লবণের মিশ্রণে শীতল করিয়া সাধারণ চাপে অথবা 2·5 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ প্রয়োগে শুষ্ক গ্যাসকে বর্ণহীন তরলে রূপান্তরিত করা যায়।

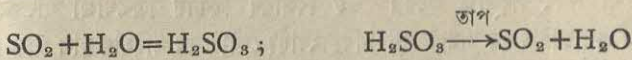
রাসায়নিক ঃ সালফার ডাই-অক্সাইড **নিজে দাহ্য নয়** এবং সাধারণতঃ অন্য পদার্থের **দহনের সহায়ক নহে**। তবে জলন্ত সোডিয়াম, পটাসিয়াম, লৌহচুর ম্যাগনেসিয়াম ইত্যাদি ধাতু এই গ্যাসের মধ্যে জ্বলে।

$$4K+3SO_2=K_2SO_3+K_2S_2O_3 ; \quad 3Fe+SO_2=2FeO+FeS ;$$

পটাসিয়াম থায়োসালফেট

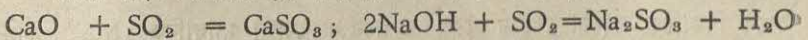
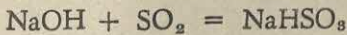
$$3Mg + SO_2 = 2MgO + MgS$$

অধিক তাপে সালফার ডাই-অক্সাইড হইতে বিশ্লিষ্ট অক্সিজেন ইহাদের দহনে সহায়তা করে। এই বিক্রিয়াতে সালফার ডাই-অক্সাইড জারক দ্রব্যের ন্যায় ব্যবহার করে।

(২) ইহা একটি **অ্যাসিটিক অক্সাইড**। সালফার ডাই-অক্সাইড জলীয় দ্রবণে সালফিউরাস অ্যাসিড (H_2SO_3) নামে একটি অস্থায়ী, মৃদু দ্বিক্ষারীয় অ্যাসিড গঠন করে এবং ইহাতে নীল লিটমাস লাল হয়। জলীয় দ্রবণে উত্তাপ দিলে সালফার ডাই-অক্সাইড নির্গত হয়। সালফার ডাই-অক্সাইড সালফিউরাস অ্যাসিডের নিরুদক (anhydride)।

$$SO_2+H_2O=H_2SO_3 ; \quad H_2SO_3 \xrightarrow{\text{তাপ}} SO_2+H_2O$$

ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় ইহা সালফাইট ও বাই-সালফাইট দুই রকমের লবণ দেয়।

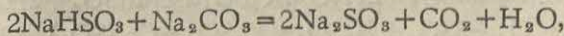
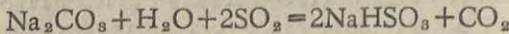
$$CaO + SO_2 = CaSO_3 ; \quad 2NaOH + SO_2=Na_2SO_3 + H_2O$$

ক্যালসিয়াম সালফাইট

$$NaOH + SO_2 = NaHSO_3$$

সোডিয়াম বাই-সালফাইট

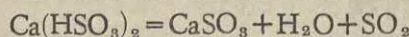
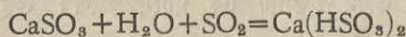
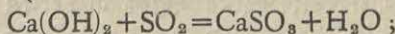
সোডিয়াম বা পটাসিয়াম কার্বনেটের দ্রবণের সহিত গ্যাসীয় সালফার ডাই-অক্সাইড বিক্রিয়া করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গমন সহ বাই-সালফাইট লবণ গঠন করে। অতিরিক্ত কার্বনেটের উপস্থিতিতে সালফাইট উৎপন্ন হয়।

$$Na_2CO_3+H_2O+2SO_2=2NaHSO_3+CO_2$$

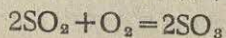
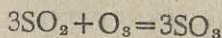
$$2NaHSO_3+Na_2CO_3=2Na_2SO_3+CO_2+H_2O,$$

স্বচ্ছ চুনজলের মধ্যে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস পাঠাইলে প্রথমে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সালফাইট অধঃক্ষিপ্ত হয় বলিয়া চুনজল ঘোলাটে হয়। অতিরিক্ত সালফার ডাই-অক্সাইড পাঠাইলে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সালফাইট দ্রাব্য ক্যালসিয়াম বাই-সালফাইটে রূপান্তরিত হয়, ফলে চুনজল স্বচ্ছ হইয়া যায়। এই দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে ক্যালসিয়াম বাই-সালফাইট অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সালফাইটে বিযোজিত হয় এবং সালফার ডাই-অক্সাইড নির্গত হয়। চুনজল পুনরায় ঘোলা হয়।

$$Ca(OH)_2+SO_2=CaSO_3+H_2O ;$$

$$CaSO_3+H_2O+SO_2=Ca(HSO_3)_2$$

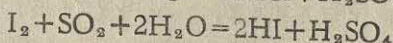
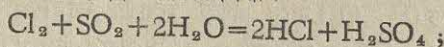
$$Ca(HSO_3)_2=CaSO_3+H_2O+SO_2$$

(৩) প্লাটিনাম চূর্ণ বা ভ্যানাডিয়াম পেন্টোক্সাইডের (প্রভাবক) সংস্পর্শে 450°C

তাপমাত্রায় ইহা অক্সিজেনের দ্বারা **সালফার ট্রাই-অক্সাইডে জারিত হয়।** স্পর্শ পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদনে ইহাই মূল বিক্রিয়া।

$$2SO_2 + O_2 = 2SO_3$$

এই জারণক্রিয়া নাইট্রোজেন অক্সাইড প্রভাবকের দ্বারাও হয়। সালফার ডাই-অক্সাইড ওজোন দ্বারাও জারিত হয়। $3SO_2 + O_3 = 3SO_3$

(৪) সালফার ডাই-অক্সাইডের **বিজারণ ধর্ম** সবিশেষ উল্লেখযোগ্য।

ইহাকে ক্লোরিন বা ব্রোমিন জলে অথবা জলে ভাসমান আয়োডিনের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিলে ইহা হ্যালোজেনকে হ্যালোজেন অ্যাসিডে বিজারিত করে এবং নিজে সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত হয়। ক্লোরিন ইত্যাদির সহিত পরা-তড়িৎবাহী হাইড্রোজেন যুক্ত হয় বলিয়াই ইহা বিজারণ ক্রিয়া।

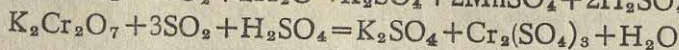
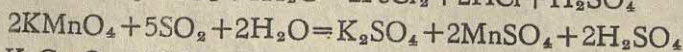
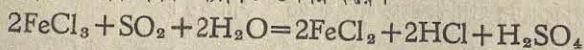
$$Cl_2 + SO_2 + 2H_2O = 2HCl + H_2SO_4 ;$$

$$I_2 + SO_2 + 2H_2O = 2HI + H_2SO_4$$

ইহা হলুদ বর্ণের ফেরিক ক্লোরাইডের দ্রবণকে ফেরাস ক্লোরাইডে বিজারিত করিয়া বর্ণহীন বা ঈষৎ সবুজাভ করে। এই বিজারণ ক্রিয়ায় ত্রি-যোজী আয়রন দ্বি-যোজী আয়রনে রূপান্তরিত হয় অথবা অপরা-বিদ্যুৎবাহী ক্লোরিনের পরিমাণ হ্রাস পায়। সালফার ডাই-অক্সাইড অ্যাসিড মিশ্রিত পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেটের বেগুনী দ্রবণকে ম্যাঙ্গানাস লবণে বিজারিত করিয়া বর্ণহীন করে। এখানে সপ্ত-যোজী ম্যাঙ্গানিজ (Mn^{VII}), দ্বি-যোজী ম্যাঙ্গানিজে (Mn^{II}) পরিণত হয়।

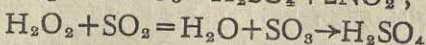
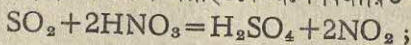
অ্যাসিড মিশ্রিত পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেটের কমলা বর্ণের দ্রবণ এই গ্যাস দ্বারা ক্রোমিক লবণে বিজারিত হয় এবং দ্রবণ সবুজ বর্ণ ধারণ করে। এক্ষেত্রে ষড়যোজী ক্রোমিয়াম ত্রি-যোজী ক্রোমিয়ামে পরিণত হয়। সব ক্ষেত্রেই সালফার ডাই-অক্সাইড নিজে জারিত হইয়া সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$$2FeCl_3 + SO_2 + 2H_2O = 2FeCl_2 + 2HCl + H_2SO_4$$

$$2KMnO_4 + 5SO_2 + 2H_2O = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 2H_2SO_4$$

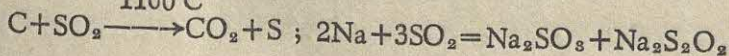
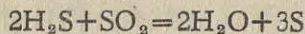
$$K_2Cr_2O_7 + 3SO_2 + H_2SO_4 = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + H_2O$$

সালফার ডাই-অক্সাইড নাইট্রিক অ্যাসিডকে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে (বাদামী গ্যাস) এবং হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডকে জলে বিজারিত করে।

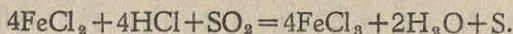
$$SO_2 + 2HNO_3 = H_2SO_4 + 2NO_2 ;$$

$$H_2O_2 + SO_2 = H_2O + SO_3 \rightarrow H_2SO_4$$

(৫) কতকগুলি বিক্রিয়ায় সালফার ডাই-অক্সাইডের কিছুটা জারণধর্মের পরিচয় পাওয়া যায়। ইহা সাধারণভাবে দহনের সহায়ক না হইলেও জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম, পটাসিয়াম, আয়রন, কার্বন ইত্যাদি এই গ্যাসে জ্বলে। এই ক্রিয়াগুলি সালফার ডাই-অক্সাইডের **জারণ ধর্ম** প্রকাশ করে।

$$C + SO_2 \xrightarrow{1100^\circ C} CO_2 + S ; \quad 2Na + 3SO_2 = Na_2SO_3 + Na_2S_2O_3$$

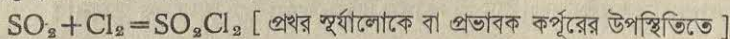
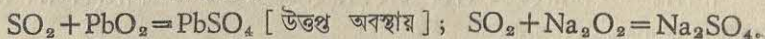
সালফার ডাই-অক্সাইড আর্দ্র হাইড্রোজেন সালফাইডকে সালফারে জারিত করে।

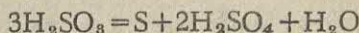
$$2H_2S+SO_2=2H_2O+3S$$

ফেরাস ক্লোরাইডের গাঢ় অম্লীকৃত দ্রবণের সহিত সালফার ডাই-অক্সাইডের বিক্রিয়ায় ফেরিক ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় এবং সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয়।

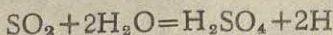
$$4FeCl_2+4HCl+SO_2=4FeCl_3+2H_2O+S.$$

দ্রষ্টব্য : সালফার ডাই-অক্সাইড একই সঙ্গে বিজারণ এবং জারণ ক্ষমতা দেখায়। কারণ একদিকে উহা অন্য পদার্থের অক্সিজেন গ্রহণ করিয়া সালফার ট্রাই অক্সাইডে পরিণত হইতে পারে। এই অক্সিজেন গ্রহণ ক্ষমতার জন্যই ইহা বিজারণ ধর্মের অধিকারী। অপরদিকে ইহা নিজের অক্সিজেন অন্য পদার্থকে দান করিয়া নিজে মৌল সালফারে পরিণত হয়। সেই ক্ষেত্রে ইহা জারণধর্মী।

(৬) কয়েকটি বিক্রিয়ায় সালফার ডাই-অক্সাইড বিভিন্ন মৌল ও যৌগের সহিত **যুক্ত-যৌগ** গঠনের প্রবণতা দেখায়।

$SO_2+Cl_2=SO_2Cl_2$ [প্রখর সূর্যালোকে বা প্রভাবক কর্পূরের উপস্থিতিতে]
সালফিউরিল ক্লোরাইড

$SO_2+PbO_2=PbSO_4$ [উত্তপ্ত অবস্থায়]; $SO_2+Na_2O_2=Na_2SO_4$.

(৭) সালফার ডাই-অক্সাইডের সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণ অর্থাৎ সালফিউরাস অ্যাসিডকে একটি আবদ্ধ নলে 150°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে দ্রবণ হইতে হালকা হলুদ বর্ণের কঠিন পদার্থ অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই কঠিন পদার্থ সালফার। শুষ্ক অবস্থায় ইহা কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত হয়, এবং বায়ুতে পুড়াইলে পোড়া সালফারের গন্ধ বিশিষ্ট যে গ্যাস নির্গত হয়, তাহা অ্যাসিড মিশ্রিত কমলা রঙের পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট দ্রবণে সিক্ত কাগজকে সবুজ করে। ইহা দ্বারা প্রমাণিত হয় সালফার ডাই-অক্সাইডে সালফার আছে, অর্থাৎ ইহা সালফারের যৌগ।

$$3H_2SO_3=S+2H_2SO_4+H_2O$$

(৮) ইহা একটি **বিরঞ্জক** পদার্থ। ইহা জলের উপস্থিতিতে অনেক জৈব রঙিন পদার্থকে বর্ণহীন করে। এই বিরঞ্জন ক্রিয়া জল ব্যতিরেকে সম্ভব নহে। সম্ভবতঃ জলের সহিত বিক্রিয়ায় সালফার ডাই-অক্সাইড জায়মান হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে এবং এই সক্রিয় জায়মান হাইড্রোজেন রঙিন পদার্থকে বিজারিত করিয়া বর্ণহীন করে।

$SO_2+2H_2O=H_2SO_4+2H$

রঙিন পদার্থ + 2H ———→ বর্ণহীন বিজারিত দ্রব্য।

সালফার ডাই-অক্সাইড ও ক্লোরিনের বিরঞ্জন ধর্মের তুলনা :

(অ) সালফার ডাই-অক্সাইড এবং ক্লোরিন উভয়েই জলের সংস্পর্শে রঙিন পদার্থকে বিরঞ্জিত করে। জলের অনুপস্থিতি অর্থাৎ শুষ্ক অবস্থায় ইহাদের বিরঞ্জন ক্ষমতা নাই। (আ) সম্ভবতঃ জলের সহিত বিক্রিয়ায় সালফার ডাই-অক্সাইড প্রথমে জায়মান হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে এবং প্রকৃতপক্ষে এই সক্রিয় জায়মান হাইড্রোজেনই বিজারন ক্রিয়া দ্বারা রঙিন পদার্থকে বিরঞ্জিত করে। আবার জলের সংস্পর্শে ক্লোরিন সদ্যজাত বা জায়মান অক্সিজেন নির্গত করে এবং ইহা জারণ দ্বারা বিরঞ্জন ক্রিয়া করে।

$SO_2+2H_2O=H_2SO_4+2H$; রঙিন পদার্থ$+2H\rightarrow$বর্ণহীন বিজারিত দ্রব্য।
$Cl_2+H_2O=2HCl+O$; রঙিন পদার্থ$+O\rightarrow$বর্ণহীন জারিত দ্রব্য।

(ই) সালফার ডাই-অক্সাইড দ্বারা বিরঞ্জিত দ্রব্য সময় সময় বায়ুর সহিত বা পাতলা অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়ায় তাহার পূর্বের রং প্রাপ্ত হয়। সুতরাং সালফার ডাই-অক্সাইডের বিরঞ্জন সব সময় স্থায়ী নাও হইতে পারে। কিন্তু ক্লোরিন দ্বারা বিরঞ্জন স্থায়ী হয়। ক্লোরিন দ্বারা বিরঞ্জিত দ্রব্যকে তাহার পূর্বের রঙে কিছুতেই ফিরাইয়া আনা যায় না।

(ঈ) সালফার ডাই-অক্সাইড ক্লোরিন অপেক্ষা মৃদু বিরঞ্জক। ক্লোরিন তীব্র বিরঞ্জক বলিয়া সিল্ক, উল ইত্যাদির পক্ষে ক্ষতিকর। কিন্তু এই সব দ্রব্য সহজে সালফার ডাই-অক্সাইড দ্বারা বিরঞ্জিত হয়।

সালফার ডাই-অক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের ধর্মের তুলনা :

সালফার ডাই-অক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মে যথেষ্ট সাদৃশ্য ও বৈসাদৃশ্য দেখা যায়।

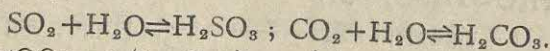
ভৌত ধর্ম : (১) উভয় অক্সাইডই বর্ণহীন, বায়ু অপেক্ষা ভারী গ্যাসীয় পদার্থ। তবে সালফার ডাই-অক্সাইড পোড়া গন্ধকের ন্যায় গন্ধ বিশিষ্ট শ্বাসরোধকারী, ঝাঁঝালো গ্যাস। কার্বন ডাই-অক্সাইডের কোন গন্ধ নাই।

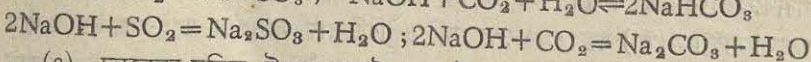
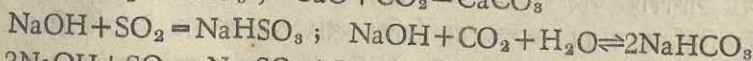
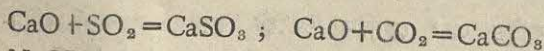
(২) উভয় অক্সাইডই জলে উল্লেখযোগ্যভাবে দ্রাব্য।

(৩) হিমমিশ্রণে শীতল করিলে সাধারণ চাপে সালফার ডাই-অক্সাইড তরলীভূত হয়, আবার সাধারণ তাপমাত্রায় শুধু চাপের প্রভাবে ও কার্বন ডাই-অক্সাইডে তরলে পরিণত করা যায়।

রাসায়নিক ধর্ম : (১) উভয় গ্যাসই দাহ্য নয় বা দহনের সহায়তা করে না। তবে জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম, সোডিয়াম, পটাসিয়াম উভয় গ্যাসেই জ্বলিতে থাকে।

(২) সালফার ডাই-অক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উভয়েই অ্যাসিটিক অক্সাইড। জলের সহিত বিক্রিয়ায় যথাক্রমে দুঃস্থিত মৃদু, দ্বিক্ষারী সালফিউরাস অ্যাসিড এবং কার্বনিক অ্যাসিড গঠন করে। অ্যাসিড দুইটির জলীয় দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে গ্যাসীয় অক্সাইড নির্গত হয়।

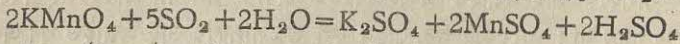
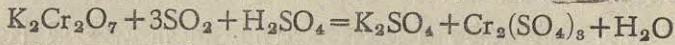
$$SO_2+H_2O\rightleftharpoons H_2SO_3\ ;\ CO_2+H_2O\rightleftharpoons H_2CO_3.$$

(৩) অ্যাসিডিক অক্সাইড বলিয়া উভয় যৌগই ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া করিয়া লবণ উৎপন্ন করে।

$CaO+SO_2=CaSO_3$; $CaO+CO_2=CaCO_3$
$NaOH+SO_2=NaHSO_3$; $NaOH+CO_2+H_2O\rightleftharpoons 2NaHCO_3$
$2NaOH+SO_2=Na_2SO_3+H_2O$; $2NaOH+CO_2=Na_2CO_3+H_2O$

(৪) চুনজলের সহিত উভয় অক্সাইড একই রূপ ক্রিয়া করে। উভয় গ্যাসের সহিত চুনজলের বিক্রিয়ার সমীকরণ ইতিপূর্বে আলোচনা করা হইয়াছে।

(৫) সালফার ডাই-অক্সাইড বিজারণ গুণসম্পন্ন যৌগ। লঘু সালফিউরিক

অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট সালফার ডাই-অক্সাইড কর্তৃক ক্রোমিক লবণে বিজারিত হয়, ফলে ডাই-ক্রোমেট দ্রবণের হলুদ বর্ণ সবুজ হয়। ইহা অ্যাসিড যুক্ত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের বেগুনী দ্রবণকে ম্যাঙ্গানাস লবণে বিজারিত করিয়া বর্ণহীন করে।

$$K_2Cr_2O_7 + 3SO_2 + H_2SO_4 = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + H_2O$$

$$2KMnO_4 + 5SO_2 + 2H_2O = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 2H_2SO_4$$

কার্বন ডাই-অক্সাইডে বিজারণ গুণ অনুপস্থিত।

(৫) সালফার ডাই-অক্সাইড একটি বিরঞ্জক পদার্থ। জলের উপস্থিতিতে ইহা অনেক জৈব রঙিন পদার্থকে বর্ণহীন করে। কার্বন ডাই-অক্সাইডের কোন বিরঞ্জন ক্ষমতা নাই।

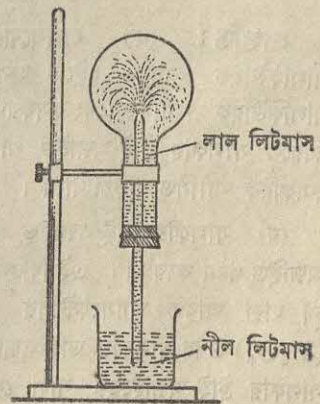
পরীক্ষা দ্বারা সালফার ডাই-অক্সাইডের বিশেষ বিশেষ ধর্মের প্রমাণ :

(*i*) ইহা দাহ্য নহে এবং সাধারণ ভাবে দহনের সহায়ক নহে। সালফার ডাই-অক্সাইডপূর্ণ গ্যাসজারে একটি জ্বলন্ত শলাকা প্রবেশ করাইলে ইহা নিভিয়া যায় এবং গ্যাসটি জ্বলে না। (*ii*) ইহা জলে সহজেই দ্রাব্য এবং জলীয় দ্রবণ অ্যাসিডধর্মী।

ফোয়ারা পরীক্ষা : এই পরীক্ষা দ্বারা একই সঙ্গে সালফার ডাই-অক্সাইডের জলে দ্রাব্যতা এবং জলীয় দ্রবণের অ্যাসিডধর্মিতা প্রমাণ করা যায়। একটি গোলতল ফ্লাস্ক সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করিয়া ফ্লাস্কটির মুখে কর্কের মাধ্যমে একটি স্টপকক যুক্ত কাচনল লাগানো হয় এবং উল্টানো অবস্থায় স্ট্যাণ্ডে আটকানো হয়। কাচনলের বাহিরের প্রান্তটি নীল লিটমাস দ্রবণযুক্ত একটি জলের পাত্রে ডুবানো থাকে। স্টপকক খুলিয়া এখন ফ্লাস্কটিকে ঠাণ্ডা করিলে ইহার ভিতরের সালফার ডাই-অক্সাইড সঙ্কুচিত হয় এবং আংশিক শূন্যতার সৃষ্টি করে। ফলে নীল জল কাচনলের মধ্য দিয়া ফোয়ারার আকারে ফ্লাস্কে প্রবেশ করে এবং উহার বর্ণ লাল হয়। ইহা প্রমাণ করে যে, সালফার ডাই-অক্সাইড জলে খুব দ্রাব্য এবং দ্রবণ অ্যাসিডিক হওয়ায় লিটমাসের বর্ণ পরিবর্তিত হয়। চিত্র—২ (৫৭) দ্রষ্টব্য।

(*iii*) ইহা একটি তীব্র বিজারক দ্রব্য। চারিটি টেষ্ট টিউব লইয়া প্রথমটিতে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেট দ্রবণ, দ্বিতীয়টিতে অ্যাসিড যুক্ত পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট দ্রবণ, তৃতীয়টিতে অ্যাসিড মিশ্রিত ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণ এবং চতুর্থ টিতে ব্রোমিন জল বা জলে প্রলম্বিত আয়োডিন লওয়া হইল। এখন আলাদা আলাদা ভাবে প্রতিটি টেষ্ট-টিউবে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস প্রবেশ করাইলে দেখা যাইবে, প্রথম ক্ষেত্রে বেগুনী বর্ণের পারমাঙ্গানেট বর্ণহীন হইয়াছে। দ্বিতীয় ক্ষেত্রে কমলা রঙের

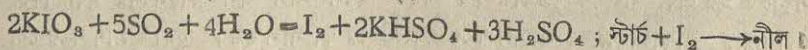
চিত্র ২ (৫৭)—ফোয়ারা পরীক্ষা

ডাই-ক্রোমেট দ্রবণ সবুজ বর্ণ ধারণ করে। তৃতীয় ক্ষেত্রে হলুদ বর্ণের ফেরিক ক্লোরাইড

বর্ণহীন বা ঈষৎ সবুজাভ হইয়াছে এবং চতুর্থ ক্ষেত্রেও দ্রবণ বর্ণহীন হইয়াছে। এই সব উদাহরণই ইহার বিজারণ ধর্ম প্রকাশ করে। (বিক্রিয়ার পরিবর্তন এবং সমীকরণ সালফার ডাই-অক্সাইডের রাসায়নিক ধর্ম আলোচনা কালে দেওয়া হইয়াছে।)

(iv) সালফার ডাই-অক্সাইড একটি বিরঞ্জক দ্রব্য। জল ব্যতিরেকে এই বিরঞ্জন ক্রিয়া হইতে পারে না। কয়েকটি শুষ্ক, রঙিন ফুল শুষ্ক সালফার ডাই-অক্সাইড পূর্ণ একটি গ্যাসজারে ফেলিয়া দিলে ফুলের বর্ণ পরিবর্তন হয় না। কিন্তু রঙিন ফুলগুলি জলে সিক্ত অবস্থায় গ্যাসে রাখিলে কয়েক মিনিটেই সাদা হইয়া যায়।

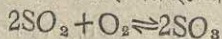
ব্যবহার : (১) সালফিউরিক অ্যাসিড, বিভিন্ন ধাতব সালফাইট, বাই-সালফাইট লবণের শিল্পোৎপাদনে সর্বাধিক ব্যবহৃত হয়। (২) ইহা একটি উৎকৃষ্ট জীবাণু ও কীটাণু নাশক। ইহা মদ, মাংস, ফল ইত্যাদি সংরক্ষণে, হাসপাতালে ও রোগীর গৃহে জীবাণু নাশকরূপে এবং কৃষিক্ষেত্রে কীটাণু ধ্বংসকারী হিসাবে ব্যবহৃত হয়। (৩) উল, সিল্ক ইত্যাদির বিরঞ্জন কার্যে ব্যবহৃত হয়। (৪) তরল সালফার ডাই-অক্সাইড রেফ্রিজারেটারের হিমায়করূপে যথেষ্ট ব্যবহৃত হয়। (৫) ক্লোরিন দ্বারা কোন দ্রব্য বিরঞ্জিত করার পর অতিরিক্ত ক্লোরিন দূরীকরণে ইহা ব্যবহৃত হয়।

সনাক্তকরণ : (১) সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস উহার তীব্র ঝাঁঝালো, পোড়া গন্ধকের গন্ধের দ্বারা চিনিতে পারা যায়। (২) অ্যাসিড যুক্ত পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট দ্রবণে সিক্ত কাগজ এই গ্যাসে ধরিলে সবুজ হইয়া যায়। (৩) ইহা অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেট দ্রবণ বর্ণহীন করে। (৪) পটাসিয়াম আয়োডেট ও স্টার্চ দ্রবণে সিক্ত কাগজ এই গ্যাসে ধরিলে নীল হয়।

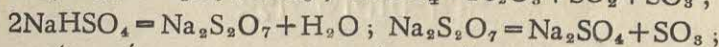
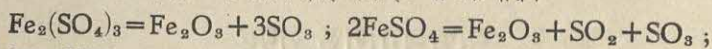
$2KIO_3 + 5SO_2 + 4H_2O = I_2 + 2KHSO_4 + 3H_2SO_4$; স্টার্চ $+ I_2 \longrightarrow$ নীল।

সালফার ট্রাই-অক্সাইড, [SO_3]

প্রস্তুতি : (ক) **ল্যাবরেটরীতে** ফসফরাস পেন্টোক্সাইড দ্বারা গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে জল অপসারণ করিয়া ইহা প্রস্তুত করা হয়। ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড এবং ফসফরাস পেন্টোক্সাইডের মিশ্রণকে একটি রিটর্টে পাতিত করিলে সালফার ট্রাই-অক্সাইড পাতিত পদার্থ রূপে পাওয়া যায় এবং রিটর্টে মেটা-ফসফরিক অ্যাসিড পড়িয়া থাকে। $H_2SO_4 + P_2O_5 = SO_3 + 2HPO_3$.

(খ) সালফার ডাই-অক্সাইড অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া সহজে সালফার ট্রাই-অক্সাইড গঠন করে না। এই বিক্রিয়া অতীব মন্থর। কিন্তু 450°C তাপাঙ্কে প্লাটিনাম চূর্ণ দ্বারা আবৃত অ্যাসবেস্টসের (প্রভাবক) উপর অথবা ভ্যানাডিয়াম পেন্টোক্সাইডের (V_2O_5) উপর সালফার ডাই-অক্সাইড ও অতিরিক্ত বায়ুর মিশ্রণ প্রবাহিত করিলে সালফার ট্রাই-অক্সাইডের সাদা ধোঁয়া উৎপন্ন হয়। প্রকৃতপক্ষে স্পর্শ পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদনের ইহাই মূল বিক্রিয়া অংশ। হিম মিশ্রণে শীতল করা শুষ্ক পাত্রে ঠাণ্ডা করিলে সালফার ট্রাই-অক্সাইডের বর্ণহীন কেলাস পাওয়া যায়।

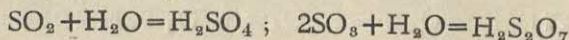
$$2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$$

(গ) অনার্দ্র ফেরিক সালফেট, ফেরাস সালফেট, কিংবা সোডিয়াম বাই-সালফেটকে উত্তপ্ত করিয়াও সালফার ট্রাই-অক্সাইড পাওয়া যায়।

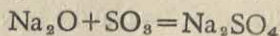
$Fe_2(SO_4)_3 = Fe_2O_3 + 3SO_3$; $2FeSO_4 = Fe_2O_3 + SO_2 + SO_3$;

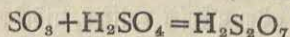
$2NaHSO_4 = Na_2S_2O_7 + H_2O$; $Na_2S_2O_7 = Na_2SO_4 + SO_3$;

ধর্ম : ভৌত—সাধারণ তাপমাত্রায় ইহা একটি বর্ণহীন, চকচকে স্ফটিকাকার পদার্থ। ইহার গলনাঙ্ক 15°C এবং স্ফুটনাঙ্ক 44·5°C.

রাসায়নিক : (i) লোহিত-তপ্ত টিউবের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে ইহা সালফার ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনে বিয়োজিত হয়। $2SO_3 \rightleftharpoons 2SO_2 + O_2$.

(ii) সালফার ট্রাই-অক্সাইড একটি অ্যাসিডিক অক্সাইড এবং প্রবল জলাকর্ষী পদার্থ। ইহা সাধারণ তাপমাত্রায় সহজেই জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিড এবং পাইরো সালফিউরিক অ্যাসিড তৈরী করে। সেইজন্য ইহাকে এই অ্যাসিডদ্বয়ের নিরুদক বলা হয়।

$$SO_2 + H_2O = H_2SO_4 \text{ ; } \quad 2SO_3 + H_2O = H_2S_2O_7$$

বিক্রিয়াকালে প্রচুর তাপের উদ্ভব হয় এবং একটি হিস্‌হিস্‌ শব্দ হয়। সালফার ট্রাই-অক্সাইডকে আর্দ্র বায়ুতে রাখিলে যে ধোঁয়ার সৃষ্টি হয় তাহা খুব ছোট ছোট সালফিউরিক অ্যাসিড কণার সমষ্টি ছাড়া কিছুই নহে। ইহা ক্ষারকীয় অক্সাইডের সহিত সহজে ক্রিয়া করিয়া ধাতুর সালফেট লবণ গঠন করে।

$$Na_2O + SO_3 = Na_2SO_4$$

(iii) 98% সালফিউরিক অ্যাসিডে ইহা দ্রবীভূত হইয়া বিশুদ্ধ সালফিউরিক অ্যাসিড দেয় এবং অতিরিক্ত অংশ অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া পাইরো সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। ইহা ধোঁয়ার সৃষ্টি করে বলিয়া এই অ্যাসিডের নাম ধূমায়মান বা fuming সালফিউরিক অ্যাসিড। ইহা অলিয়াম (oleum) নামেও পরিচিত।

$$SO_3 + H_2SO_4 = H_2S_2O_7$$

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও সালফার ট্রাই-অক্সাইড পরস্পর বিক্রিয়ায় ক্লোরো সালফোনিক অ্যাসিড গঠন করে। $SO_3 + HCl = SO_2(OH)Cl$

পঞ্চম অধ্যায়

অক্সিঅ্যাসিড সমূহ

[Syllabus : Oxyacids ; Nitrous, Nitric, Phosphorus, Phosphoric, Sulphurous, and Sulphuric Acids.]

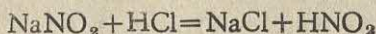
নাইট্রাস অ্যাসিড, HNO_2

নাইট্রাস অ্যাসিড অত্যন্ত অস্থায়ী যৌগ। ইহা কখনও বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় না। কেবলমাত্র জলীয় দ্রবণেই ইহার অস্তিত্ব জানা আছে। তবে এই অ্যাসিডের লবণগুলি স্থায়ী এবং বিশুদ্ধ কেলাসাকারে পাওয়া যায়।

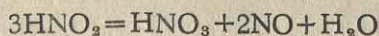
প্রস্তুতি : (ক) বরফে শীতলীকৃত বেরিয়াম নাইট্রাইটের লঘু জলীয় দ্রবণে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইলে বিপরিবর্ত বিক্রিয়া দ্বারা বেরিয়াম সালফেট ও নাইট্রাস অ্যাসিড তৈরী হয়। $Ba(NO_2)_2+H_2SO_4=BaSO_4+2HNO_2$

অদ্রাব্য বেরিয়াম সালফেট অধঃক্ষেপ রূপে পড়ে এবং ফিলটার করিয়া পৃথক করিলে যে পরিস্রুত পাওয়া যায়, উহা নাইট্রাস অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ।

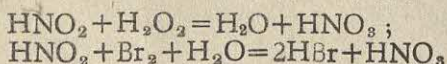
(খ) অন্যান্য নাইট্রাইটের ঠাণ্ডা জলীয় দ্রবণে ঠাণ্ডা লঘু হাইড্রোক্লোরিক বা সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়াও নাইট্রাস অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ তৈরী করা যায়।

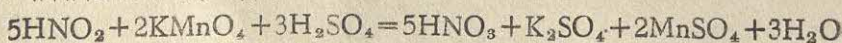
$$NaNO_2+HCl=NaCl+HNO_2$$

(গ) নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইডকে জলে দ্রাবিত করিলেও নাইট্রাস অ্যাসিড দ্রবণ তৈরী হয়। $N_2O_3+H_2O=2HNO_2$

ধর্ম : (১) নাইট্রাস অ্যাসিড একটি **অস্থায়ী, দুর্বল, এক-ক্ষারিক অ্যাসিড**। ইহার জলীয় দ্রবণের রং ঈষৎ নীল। নাইট্রাস অ্যাসিড দীর্ঘ সময় রাখিয়া দিলে বা উত্তাপ দিলে উহা বিশ্লিষ্ট হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিড, নাইট্রিক অক্সাইড দেয়।

$$3HNO_2=HNO_3+2NO+H_2O$$

ইহার লবণকে বলা হয় নাইট্রাইট। যেমন, পটাসিয়াম নাইট্রাইট KNO_2, সিলভার নাইট্রাইট $AgNO_2$ ইত্যাদি। ইহার জলীয় দ্রবণে কপার ও সিলভার খুব ধীরে ধীরে দ্রবীভূত হয়। $Cu+4HNO_2=Cu(NO)_2)_2+2NO+2H_2O.$

(২) ইহার **বিজারণ ও জারণ ক্ষমতা দুই-ই আছে**। ইহা হাইড্রোজেন পার অক্সাইডকে জলে, ক্লোরিন ও ব্রোমিনকে ইহাদের হাইড্রাসিডে বিজারিত করে।

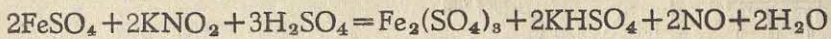
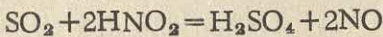
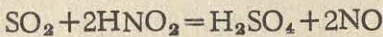
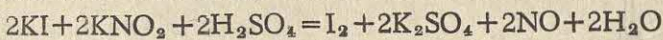
$$HNO_2+H_2O_2=H_2O+HNO_3\ ;$$
$$HNO_2+Br_2+H_2O=2HBr+HNO_3$$

বিক্রিয়ায় ব্রোমিন জলের রং বর্ণহীন হয়। ইহা অম্লযুক্ত পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেটের বেগুনী দ্রবণকে ম্যাঙ্গানাস লবণে বিজারিত করিয়া বর্ণহীন করে। ক্ষারযুক্ত পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেটের সহিত ইহা ক্রিয়া করে না।

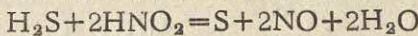
$$5HNO_2+2KMnO_4+3H_2SO_4=5HNO_3+K_2SO_4+2MnSO_4+3H_2O$$

উপরিউক্ত প্রতি বিক্রিয়ায়ই নাইট্রাস অ্যাসিড নাইট্রিক অ্যাসিডে জারিত হয়।

(৩) ইহার জারণ ধর্মও বিশেষ উল্লেখযোগ্য। ইহা স্ট্যানাস ক্লোরাইড দ্রবণকে স্ট্যানিক ক্লোরাইডে, অম্লযুক্ত পটাসিয়াম আয়োডাইডকে আয়োডিনে, সালফার ডাই-অক্সাইডকে সালফিউরিক অ্যাসিডে এবং অ্যাসিডযুক্ত ফেরাস সালফেটকে ফেরিক সালফেটে জারিত করে। $SnCl_2+2HCl+2HNO_2=SnCl_4+2NO+2H_2O$

$$2KI+2KNO_2+2H_2SO_4=I_2+2K_2SO_4+2NO+2H_2O$$

$$SO_2+2HNO_2=H_2SO_4+2NO$$

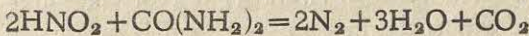
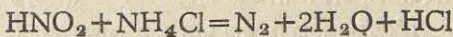
$$2FeSO_4+2KNO_2+3H_2SO_4=Fe_2(SO_4)_3+2KHSO_4+2NO+2H_2O$$

নাইট্রাস অ্যাসিডে হাইড্রোজেন সালফাইড প্রবাহিত করিলে ইহা হাইড্রোজেন সালফাইডকে জারিত করিয়া সালফার অধঃক্ষিপ্ত করে।

$$H_2S+2HNO_2=S+2NO+2H_2O$$

প্রতি ক্ষেত্রেই নাইট্রাস অ্যাসিড নিজে নাইট্রিক অক্সাইডে বিজারিত হয়!

নাইট্রাস অ্যাসিড অন্য পদার্থ হইতে অক্সিজেন গ্রহণ করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিডে জারিত হইতে পারে সেইজন্য ইহা বিজারণ গুণসম্পন্ন। আবার ইহা সহজেই নাইট্রিক অক্সাইডে বিজারিত হয় বলিয়া অন্য পদার্থকে জারিত করিতে পারে।

(৪) ইহা অ্যামোনিয়া, অ্যামোনিয়াম লবণ বা $-NH_2$ মূলক উপস্থিত এমন জৈব যৌগের সহিত বিক্রিয়ায় নাইট্রোজেন দেয়।

$$HNO_2+NH_4Cl=N_2+2H_2O+HCl$$

$$2HNO_2+\underset{\text{ইউরিয়া}}{CO(NH_2)_2}=2N_2+3H_2O+CO_2$$

ব্যবহার: (১) অ্যামিনো ($-NH_2$) মূলক যুক্ত জৈব যৌগের সনাক্তকরণে ইহা বিশেষভাবে ব্যবহৃত হয়। (২) জৈব যৌগের প্রস্তুতিতেও ইহার ব্যবহার আছে।

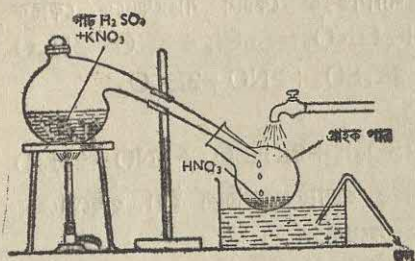
নাইট্রাস অ্যাসিড ও নাইট্রাইট লবণের পরিচায়ক পরীক্ষা:

(১) নাইট্রাস অ্যাসিড ও নাইট্রাইট লবণে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিলে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডের লাল-বাদামী গ্যাস নির্গত হয়। (২) নাইট্রাস অ্যাসিড বা নাইট্রাইট দ্রবণ অম্লযুক্ত পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে দিলে আয়োডিন মুক্ত হয় যাহা স্টার্চকে নীল করে। (৩) নাইট্রাস অ্যাসিড বা নাইট্রাইট দ্রবণ অম্লযুক্ত পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেটের বেগুনী দ্রবণকে বর্ণহীন করে। (৪) মেটাফিনিলিন ডাই-অ্যামিনের হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণ ইহাদের দ্বারা বাদামী বর্ণে পরিণত হয়।

নাইট্রিক অ্যাসিড, HNO_3

অ্যালকেমী যুগের বিজ্ঞানীরাও নাইট্রিক অ্যাসিডের ব্যবহার জানিতেন। তাঁহারা অবশ্য ইহাকে অ্যাকোয়া ফর্টিস (aqua fortis) বা শক্তিশালী জল নামে অভিহিত করিতেন। গ্লবার প্রথম নাইটার (KNO_3) ও সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করেন।

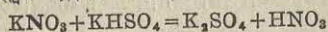
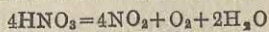
প্রস্তুতি: ল্যাবরেটরী পদ্ধতি: ল্যাবরেটরীতে পটাসিয়াম নাইট্রেট (বা সোডিয়াম নাইট্রেট) ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড প্রায় 200°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। $KNO_3+H_2SO_4=KHSO_4+HNO_3$

কাচের ছিপিযুক্ত একটি কাচের রিটর্টে পরিমাণমত ওজনের পটাসিয়াম নাইট্রেট (বা সোডিয়াম নাইট্রেট) ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড লইয়া রিটর্টটি তারজালির উপর বসাইয়া স্ট্যাণ্ডের সহিত আটকানো হয়। রিটর্টের লম্বা মুখের প্রান্তটি একটি কাচের গোলতল ফ্লাস্কে প্রবেশ করানো থাকে। ফ্লাস্কটি একটি শীতল জলের পাত্রে ভাসাইয়া রাখা হয় এবং উপর হইতেও ইহার উপর শীতল জলের ধারা দিয়া ঠাণ্ডা রাখা হয়।

চিত্র ২ (৫৮)—ল্যাবরেটরীতে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতি

অতঃপর রিটর্টটি প্রায় 200°C তাপাঙ্কে সাবধানে উত্তপ্ত করিলে উদ্বায়ী নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প নির্গত হয় এবং গ্রাহক ফ্লাস্কের শীতলতায় ঘনীভূত হইয়া ঈষৎ হলুদ বর্ণের তরলরূপে ইহাতে সঞ্চিত হয়।

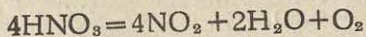
এইভাবে প্রস্তুত নাইট্রিক অ্যাসিডে কিছু জল ও নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড অশুদ্ধি দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। সেইজন্য ইহার বর্ণ হরিদ্রাভ হয়। এই নাইট্রিক অ্যাসিডে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া কম চাপে পাতিত করিলে 98% নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। ইহাতে আবার 70°C তাপমাত্রায় বায়ু বা কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রবাহিত করিলে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড অপসারিত হয় এবং অ্যাসিড বর্ণহীন হয়। সম্পূর্ণ জলমুক্ত বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিড পাইতে হইলে উক্ত বর্ণহীন অ্যাসিডকে −42°C-এ শীতল করিয়া কেলাসাকারে পৃথক করিয়া লইতে হয়।

দ্রষ্টব্য : (১) সালফিউরিক অ্যাসিড উদ্বায়ী নহে বলিয়া উহা নাইট্রেট লবণ হইতে উদ্বায়ী নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করিতে ব্যবহৃত হয়। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, একটি উদ্বায়ী অ্যাসিড, বরং নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে অধিকতর উদ্বায়ী। ইহা নাইট্রেট লবণের সহিত উত্তপ্ত করিলে নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে ইহাও উদ্বারিত হইয়া পাতন ফ্লাস্কে আসিবে। সেইজন্য হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে ব্যবহারের অযোগ্য। (২) নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে নাইট্রেট ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণ 200°C-এর উচ্চ তাপমাত্রায় (প্রায় 800°C) উত্তপ্ত করিলে পটাসিয়াম বাই-সালফেট ও পটাসিয়াম নাইট্রেটের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটিয়া আরো নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় এবং পটাসিয়াম সালফেট পাওয়া যায়।

$$KNO_3 + KHSO_4 = K_2SO_4 + HNO_3$$

কিন্তু তবুও এই বিক্রিয়াটি কয়েকটি কারণ বশতঃ ঘটানো হয় না। প্রথমতঃ, উচ্চ উষ্ণতায় নাইট্রিক অ্যাসিডের কতকাংশ নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড, অক্সিজেন ও স্টিমে বিশ্লিষ্ট হইয়া যায়। ফলে উৎপন্ন বাষ্পে নাইট্রিক অ্যাসিডের পরিমাণ কমিয়া যায়। $4HNO_3 = 4NO_2 + O_2 + 2H_2O$

দ্বিতীয়তঃ প্রথম বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পটাসিয়াম বাই-সালফেটকে গলিত অবস্থায় সহজেই রিটর্ট হইতে বাহির করা যায় কিন্তু দ্বিতীয় বিক্রিয়াজাত পটাসিয়াম সালফেট কঠিন হইয়া গেলে রিটর্ট হইতে বাহির করা শক্ত। অধিকন্তু উচ্চ তাপমাত্রায় নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প কাচের রিটর্টের ক্ষতি সাধন করে।

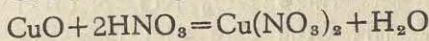
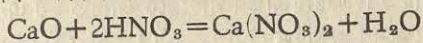
ধর্ম : ভৌত—(১) বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিড একটি বর্ণহীন তরল। ইহা উদ্বায়ী পদার্থ এবং বায়ুতে উন্মুক্ত রাখিলে স্বতঃই ধূমায়িত হইতে থাকে। (২) ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·52, স্ফুটনাঙ্ক 96°C এবং হিমাঙ্ক −42°C। (৩) নাইট্রিক অ্যাসিড জলে খুব দ্রাব্য।

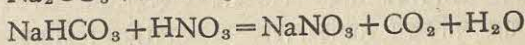
রাসায়নিক : (১) উত্তাপ প্রয়োগে নাইট্রিক অ্যাসিড বিশ্লিষ্ট হইয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড, অক্সিজেন ও ষ্টিম উৎপন্ন করে। নির্গত গ্যাস গাঢ় বাদামী বর্ণের দেখায়।

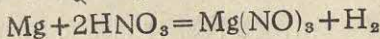
$$4HNO_3 = 4NO_2 + 2H_2O + O_2$$

(২) ইহা একটি তীব্র একক্ষারিক অ্যাসিড। ইহাতে অ্যাসিডের সর্বপ্রকার ধর্ম বিদ্যমান। ইহার জলীয় দ্রবণ প্রায় সম্পূর্ণ আয়নিত হয়। $HNO_3 \rightleftharpoons H^+ + NO_3^-$

ইহার জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাস দ্রবণকে লাল করে। ইহা ক্ষারক ও ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় লবণ ও জল উৎপন্ন করে। $NaOH + HNO_3 = NaNO_3 + H_2O$

$$CaO + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + H_2O$$

$$CuO + 2HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + H_2O$$

সাধারণ তাপমাত্রায় ইহা কার্বনেট বা বাইকার্বনেট লবণ হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত করে। $Na_2CO_3 + 2HNO_3 = 2NaNO_3 + CO_2 + H_2O.$

$$NaHCO_3 + HNO_3 = NaNO_3 + CO_2 + H_2O$$

খুব লঘু দ্রবণ হইতে ইহার হাইড্রোজেন ম্যাগনেসিয়াম ও ম্যাঙ্গানিজ ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় এবং ধাতু দ্রবীভূত হইয়া নাইট্রেট লবণে পরিণত হয়।

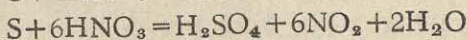
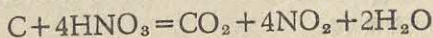
$$Mg + 2HNO_3 = Mg(NO)_3 + H_2$$

অন্যান্য ধাতু লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন নির্গত করিতে পারে না, কারণ নাইট্রিক অ্যাসিডের জারণ ধর্মের জন্য হাইড্রোজেন জারিত হইয়া যায়।

ইহা একক্ষারিক বলিয়া শুধু একই প্রকার অর্থাৎ শমিত লবণ উৎপন্ন করে। ইহার সমস্ত নাইট্রেট লবণই জলে দ্রাব্য, একমাত্র ব্যতিক্রম বিসমাথ অক্সি নাইট্রেট ($BiONO_3$)।

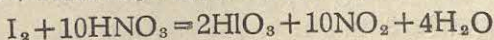
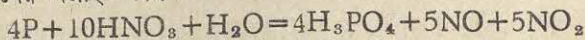
(৩) নাইট্রিক অ্যাসিড একটি শক্তিশালী জারক দ্রব্য। তাপের প্রভাবে নাইট্রিক অ্যাসিড ভাঙ্গিয়া অক্সিজেন উৎপন্ন করে এবং এই অক্সিজেন অধাতু, ধাতু ও বিভিন্ন যৌগিক পদার্থের জারণে জারকের কাজ করে।

(অ) অধিকাংশ অধাতব মৌল নাইট্রিক অ্যাসিড সহযোগে উত্তপ্ত করিলে জারিত হইয়া উহাদের অক্সাইড বা সর্বোচ্চ অক্সি-অ্যাসিডে পারণত হয়। নাইট্রিক অ্যাসিড নিজে বিজারিত হইয়া নাইট্রোজেনের অক্সাইড (NO_2, NO) দেয়। উষ্ণ ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড কার্বনকে কার্বন ডাই-অক্সাইডে, সালফারকে সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত করে। নিজে উভয় ক্ষেত্রেই নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে বিজারিত হইয়া বাদামী গ্যাস উৎপন্ন করে।

$$C + 4HNO_3 = CO_2 + 4NO_2 + 2H_2O$$

$$S + 6HNO_3 = H_2SO_4 + 6NO_2 + 2H_2O$$

ফসফরাস, আয়োডিন উত্তপ্ত গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা যথাক্রমে ফসফরিক অ্যাসিড ও আয়োডিক অ্যাসিডে জারিত হয়। নাইট্রিক অ্যাসিড যথারীতি বিজারিত হইয়া নাইট্রোজেনের অক্সাইড দেয়।

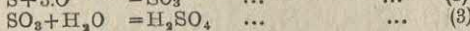
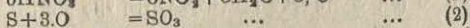
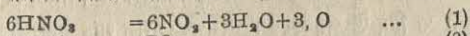
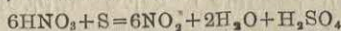
$$4P + 10HNO_3 + H_2O = 4H_3PO_4 + 5NO + 5NO_2$$

$$I_2 + 10HNO_3 = 2HIO_3 + 10NO_2 + 4H_2O$$

ক্লোরিন, ব্রোমিন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা আক্রান্ত হয় না।

জারণ ক্রিয়াগুলি আংশিক সমীকরণ সাহায্যে প্রকাশ করা যায়। সালফারের সহিত জারণ ক্রিয়া নিম্নরূপ :

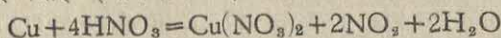
$$6HNO_3 = 6NO_2 + 3H_2O + 3, O \quad \ldots \quad (1)$$
$$S + 3.O = SO_3 \quad \ldots \quad (2)$$
$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4 \quad \ldots \quad (3)$$

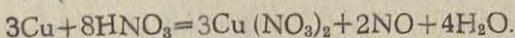
(1), (2) এবং (3) সমীকরণ যোগ করিলে

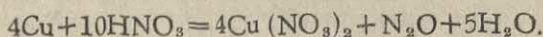
$$6HNO_3 + S = 6NO_2 + 2H_2O + H_2SO_4$$

(আ) ধাতুর উপর নাইট্রিক অ্যাসিডের জারণ ক্রিয়া বিশেষ উল্লেখযোগ্য। গোল্ড ও প্লাটিনাম (বর ধাতু) নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়া করে না। অধিকাংশ ধাতুই নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় ধাতব নাইট্রেটে জারিত হয় এবং নাইট্রিক অ্যাসিড বিজারিত হইয়া নাইট্রোজেনের অক্সাইড (NO_2, NO, N_2O) বা অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে। প্রকৃতপক্ষে কি পদার্থ উৎপন্ন হইবে তাহা নির্ভর করে অ্যাসিডের গাঢ়তা, উষ্ণতা, ধাতুর প্রকৃতি এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থের গাঢ়তার উপর। সাধারণভাবে ধাতু লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিতে পারে না। একমাত্র ব্যতিক্রম ম্যাগনেসিয়াম ও ম্যাঙ্গানিজ। নিম্নে কয়েকটি ধাতুর সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া দেখানো হইল।

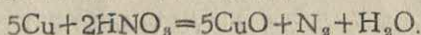
কপারের সহিত :

(ক) **গাঢ় ও উষ্ণ নাইট্রিক অ্যাসিডে** কিউপ্রিক নাইট্রেট, (সবুজ বর্ণের দ্রবণ) নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড (বাদামী গ্যাস) ও জল উৎপন্ন হয়।

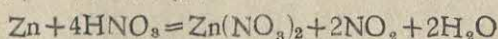
$$Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$$

(খ) **নাতি গাঢ় (1 : 1) ও শীতল অ্যাসিডে** উৎপন্ন হয় কিউপ্রিক নাইট্রেট, গ্যাসীয় নাইট্রিক অক্সাইড ও জল।

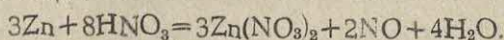
$$3Cu + 8HNO_3 = 3Cu\,(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O.$$

(গ) **অতিলঘু ও শীতল নাইট্রিক অ্যাসিডের** সহিত বিক্রিয়ায় কপার নাইট্রেট, নাইট্রাস অক্সাইড গ্যাস ও জল গঠিত হয়।

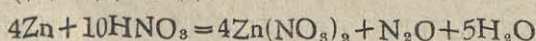
$$4Cu + 10HNO_3 = 4Cu\,(NO_3)_2 + N_2O + 5H_2O.$$

(ঘ) **উত্তপ্ত কপার ও নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্পের ক্রিয়ায়** কিউপ্রিক অক্সাইড (কালো), নাইট্রোজেন গ্যাস ও জল উৎপন্ন হয়।

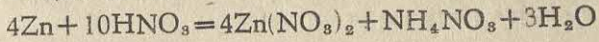
$$5Cu + 2HNO_3 = 5CuO + N_2 + H_2O.$$

জিঙ্কের সহিত :

(ক) **গাঢ় ও উষ্ণ নাইট্রিক অ্যাসিডে** জিঙ্ক নাইট্রেট (বর্ণহীন দ্রবণ), নাইট্রোজন ডাই-অক্সাইড গ্যাস ও জল উৎপন্ন হয়।

$$Zn + 4HNO_3 = Zn(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$$

(খ) **নাতি গাঢ় (1 : 1) শীতল অ্যাসিডে উৎপন্ন** হয় জিঙ্ক নাইট্রেট, গ্যাসীয় নাইট্রিক অক্সাইড ও জল।

$$3Zn + 8HNO_3 = 3Zn(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O.$$

(গ) **অতি লঘু ও শীতল নাইট্রিক অ্যাসিডের** সহিত বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয় জিঙ্ক নাইট্রেট, নাইট্রাস অক্সাইড ও জল।

$$4Zn + 10HNO_3 = 4Zn(NO_3)_2 + N_2O + 5H_2O$$

(ঘ) **নাতি লঘু ও শীতল নাইট্রিক অ্যাসিড** অ্যামোনিয়ায় বিজারিত হয় এবং নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়া করিয়া অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট দেয়। বিক্রিয়াজাত অন্যান্য পদার্থ জিঙ্ক নাইট্রেট ও জল।

$$4Zn + 10HNO_3 = 4Zn(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 3H_2O$$

আয়রনের সহিত ঃ

(ক) **ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড** বা অতি গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত আয়রন ক্রিয়া করে না। এই অবস্থায় ইহা **নিষ্ক্রিয়** (Passive) হইয়া যায়।

(খ) **গাঢ় ও উষ্ণ অ্যাসিডে** ফেরিক নাইট্রেট, নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও জল উৎপন্ন হয়। $Fe + 6HNO_3 = Fe(NO_3)_3 + 3NO_2 + 3H_2O.$

(গ) **লঘু ও শীতল অ্যাসিডে** উৎপন্ন হয় ফেরাস নাইট্রেট, অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট ও জল। $4Fe + 10HNO_3 = 4Fe(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 3H_2O.$

ম্যাগনেসিয়ামের সহিত ঃ

(ক) **নাতিগাঢ় ও শীতল অ্যাসিডে** ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রেট ও নাইট্রিক অক্সাইড গঠিত হয়। $3Mg + 8HNO_3 = 3Mg(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$

(খ) **অতিলঘু ও শীতল অ্যাসিডে** ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রেট উৎপন্ন হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়। $Mg + 2HNO_3 = Mg(NO_3)_2 + H_2.$

লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড অবিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়ামের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট গঠন করে। অ্যাসিডের গাঢ়ত্ব যত বৃদ্ধি পায় অ্যালুমিনিয়ামের সহিত বিক্রিয়া তত মন্থর হয়। প্রকৃতপক্ষে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত অ্যালুমিনিয়াম ক্রিয়া করে না। সম্ভবতঃ অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা প্রথমে অক্সাইডে জারিত হয়। এই অক্সাইড ধাতুর উপর একটি স্তর সৃষ্টি করিয়া বিক্রিয়া বন্ধ করে। সেইজন্য গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডকে অ্যালুমিনিয়াম পাত্রে রাখা যায়।

অন্যান্য ধাতুর সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ধাতুগুলির বিস্তারিত আলোচনা কালে বর্ণনা করা হইবে।

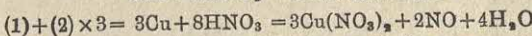
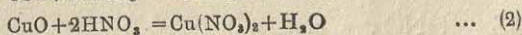
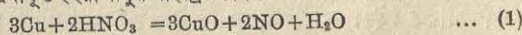
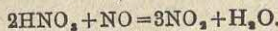
ইহা সুস্পষ্ট যে নাইট্রিক অ্যাসিড ও ধাতুর বিক্রিয়া সহজ ব্যাপার নহে। কারণ নাইট্রিক অ্যাসিড যেমন অ্যাসিড হিসাবে ক্রিয়া করিতে পারে, তেমনি পারে জারক দ্রব্য হিসাবে। জারণ ক্ষমতার প্রয়োগকালে ইহা নিজে নাইট্রোজেন-অক্সাইডে, এমন কি অ্যামোনিয়াতেও বিজারিত হয়।

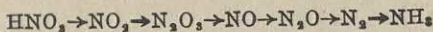
ধাতু ও নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া সম্বন্ধে বিভিন্ন মতবাদ প্রচলিত আছে।

(ক) জারণ মতবাদ ঃ কপার, সিলভার, মারকারি ইত্যাদি যে সকল ধাতু তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের নীচে তাহারা নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপনে অক্ষম। ফলে ইহারা অক্সাইডে জারিত হয় এবং নাইট্রিক অ্যাসিড নাইট্রিক অক্সাইডে বিজারিত হয়। উৎপন্ন অক্সাইড নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া ধাতুর নাইট্রেট দেয়। যেমন

$$3Cu + 2HNO_3 = 3CuO + 2NO + H_2O \quad \dots (1)$$

$$CuO + 2HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + H_2O \quad \dots (2)$$

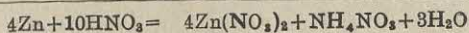
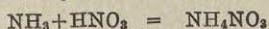
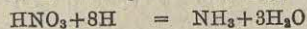
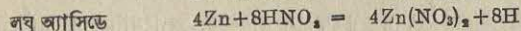
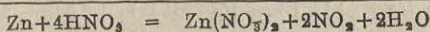
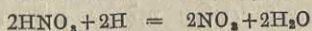
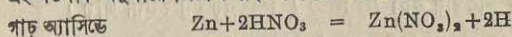
$$(1) + (2) \times 3 = 3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$

নাইট্রিক অ্যাসিড গাঢ় হইলে উৎপন্ন নাইট্রিক-অক্সাইড ইহা দ্বারা নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে জারিত হয়। $2HNO_3 + NO = 3NO_2 + H_2O.$

(খ) জায়মান হাইড্রোজেন মতবাদ : জিঙ্ক, আয়রন প্রভৃতি যে সকল ধাতু তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের উপরে তাহারা প্রথমে স্বাভাবিক ভাবেই জায়মান হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে এবং উহা তীব্র জারক নাইট্রিক অ্যাসিডকে বিজারিত করিয়া নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড, ক্ষেত্রবিশেষে অ্যামোনিয়া দেয়। অ্যাসিড যত লঘু হয় ইহার বিজারণও তত বেশী হয়। বিভিন্ন অবস্থায় এবং বিভিন্ন গাঢ়তার অ্যাসিডের বিজারিত পদার্থ বিভিন্ন হয়।

$$HNO_3 \rightarrow NO_2 \rightarrow N_2O_3 \rightarrow NO \rightarrow N_2O \rightarrow N_2 \rightarrow NH_3$$
$$(HNO_2)$$

এই মতবাদ অনুসারে জিঙ্কের সহিত বিক্রিয়া নিম্নরূপ :

গাঢ় অ্যাসিডে
$$Zn + 2HNO_3 = Zn(NO_3)_2 + 2H$$
$$2HNO_3 + 2H = 2NO_2 + 2H_2O$$

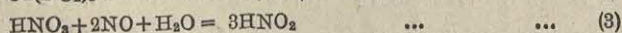
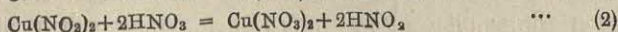
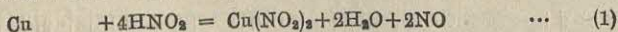
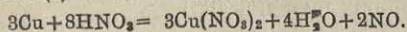
$$Zn + 4HNO_3 = Zn(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$$

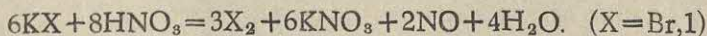
লঘু অ্যাসিডে
$$4Zn + 8HNO_3 = 4Zn(NO_3)_2 + 8H$$
$$HNO_3 + 8H = NH_3 + 3H_2O$$
$$NH_3 + HNO_3 = NH_4NO_3$$

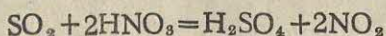
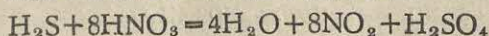
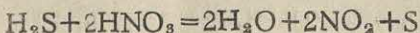
$$4Zn + 10HNO_3 = 4Zn(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 3H_2O$$

(গ) নাইট্রাস অ্যাসিড বাদ : অনেকের মতে নাইট্রাস অ্যাসিডের উপস্থিতি ছাড়া কপার, সিলভার ইত্যাদি নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে ক্রিয়া করে না। নাইট্রিক অ্যাসিড বিযোজনের ফলে অতি সামান্য নাইট্রাস অ্যাসিড নাইট্রিক অ্যাসিডে থাকে। উক্ত সামান্য নাইট্রাস অ্যাসিড সহজে ধাতুর সহিত ক্রিয়ায় ধাতব নাইট্রাইট ও নাইট্রিক অক্সাইড গঠন করে। উৎপন্ন ধাতব নাইট্রাইট নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা নাইট্রেটে জারিত হয় এবং নাইট্রিক অক্সাইড নাইট্রিক অ্যাসিডকে নাইট্রাস অ্যাসিডে পরিণত করে ; ফলে নাইট্রাস অ্যাসিড পরিমাণে বাড়ে। কপারের সহিত বিক্রিয়া নিম্নরূপ :

$$Cu + 4HNO_2 = Cu(NO_2)_2 + 2H_2O + 2NO \quad \cdots \quad (1)$$
$$Cu(NO_2)_2 + 2HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2HNO_2 \quad \cdots \quad (2)$$
$$HNO_3 + 2NO + H_2O = 3HNO_2 \quad \cdots \quad \cdots \quad (3)$$

এখন (1)×3+(2)×2 এবং 3×3 যোগ করিলে

$$3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO.$$

(ই) নাইট্রিক অ্যাসিড অনেক যৌগিক পদার্থকেই জারিত করে। ইহা পটাসিয়াম আয়োডাইড (বা ব্রোমাইডকে) জারিত করিয়া আয়োডিন (বা ব্রোমিন) মুক্ত করে। নিজে নাইট্রিক-অক্সাইডে বিজারিত হয়। এখানে অপরা-বিদ্যুৎবাহী ধাতুর অপসারণ দ্বারা জারণক্রিয়া হইয়াছে।

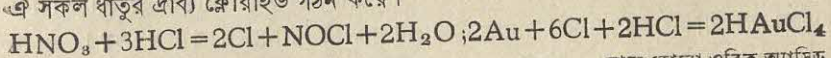
$$6KX + 8HNO_3 = 3X_2 + 6KNO_3 + 2NO + 4H_2O. \quad (X = Br, 1)$$

শীতল ও ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডে হাইড্রোজেন সালফাইড প্রবাহিত করিলে ইহা জারিত হইয়া কিছু সালফার অধঃক্ষিপ্ত করে এবং সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। সালফার ডাই-অক্সাইড অনুরূপভাবে জারিত হইয়া সালফিউরিক অ্যাসিড গঠন করে। নাইট্রিক অ্যাসিড বিজারিত হইয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড (বাদামী গ্যাস) নির্গত করে।

$$H_2S + 2HNO_3 = 2H_2O + 2NO_2 + S$$
$$H_2S + 8HNO_3 = 4H_2O + 8NO_2 + H_2SO_4$$
$$SO_2 + 2HNO_3 = H_2SO_4 + 2NO_2$$

সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত ফেরাস সালফেট দ্রবণ গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা ফেরিক সালফেটে জারিত হয়। নাইট্রিক অ্যাসিডের বিজারণে নাইট্রিক-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। $6FeSO_4+3H_2SO_4+2HNO_3=3Fe_2(SO_4)_3+2NO+4H_2O$

এই বিক্রিয়ার উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইড অপরিবর্তিত ফেরাস সালফেটের সহিত যুত-যৌগ গঠন করিতে পারে। $FeSO_4+NO=FeSO_4.NO.$

এক আয়তন ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড ও তিন আয়তন ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের মিশ্রণকে **অম্লরাজ** বা **aqua regia** বলা হয়। কেননা ইহা ধাতুর রাজা গোল্ড, প্লাটিনাম ইত্যাদি ধাতুকে আক্রান্ত করিতে পারে। গোল্ড বা প্লাটিনাম গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড বা গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় না ; কিন্তু অম্লরাজে ইহারা দ্রাব্য। বস্তুতঃ নাইট্রিক অ্যাসিড হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে ক্লোরিনে জারিত করে, সঙ্গে গঠিত হয় নাইট্রোসিল ক্লোরাইড ও জল।

দুই প্রকার অ্যাসিড পারস্পরিক বিক্রিয়ায় যে জায়মান ক্লোরিন উৎপন্ন করে তাহা ঐ সকল ধাতুর দ্রাব্য ক্লোরাইড গঠন করে।

$HNO_3+3HCl=2Cl+NOCl+2H_2O$; $2Au+6Cl+2HCl=2HAuCl_4$
দ্রাব্য ক্লোরো ওরিক অ্যাসিড

(ঈ) অনেক জৈব যৌগ নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা সহজে জারিত হয়। তার্পিন তেল, কাঠের গুঁড়া, চিনি, অ্যালকোহল প্রভৃতি নাইট্রিক অ্যাসিডে জ্বলিয়া উঠে। চামড়ায় পড়িলে গভীর বেদনাদায়ক ক্ষতের সৃষ্টি হয় এবং চামড়া হলুদ বর্ণ ধারণ করে। নাইট্রিক অ্যাসিড কোন কোন জৈব যৌগের সহিত ক্রিয়াকালে নাইট্রোমূলক (NO_2) সংযোজিত করে। এই প্রক্রিয়ার নাম নাইট্রেশন (Nitration)। উদাহরণ স্বরূপ বলা যায়, বেঞ্জিন ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়া করিয়া নাইট্রো বেঞ্জিন উৎপন্ন করে। $C_6H_6+HNO_3=C_6H_5NO_2+H_2O$

এই বিক্রিয়াজাত জল ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড কর্তৃক শোষিত হয়।

গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড : লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডকে পাতিত করিয়া যে 68% নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায়, তাহাই বাজারের ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·414। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডসহ ইহাকে পাতিত করিলে উৎপন্ন হয় 98% ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড।

ধূমায়মান (Fuming) **নাইট্রিক অ্যাসিড :** নাইট্রিক অ্যাসিডে সহজে NO_2 দ্রবীভূত হয়। নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত NO_2 (কিছু N_2O_3) থাকিলে ইহাকে ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড বলে। ইহার বর্ণ বাদামী হয়। ইহা স্বতঃই ধূম নির্গত করে এবং ইহার প্রবল জারণ ক্ষমতা আছ। গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত স্টার্চ বা আর্সেনিয়াস-অক্সাইড মিশ্রিত করিয়া পাতিত করিলে ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

পরীক্ষার দ্বারা নাইট্রিক অ্যাসিডের কয়েকটি ধর্মের প্রমাণ :

(১) **ইহা উচ্চ তাপমাত্রায় বিযোজিত হয়** এবং নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড, অক্সিজেন ও ষ্টীম উৎপন্ন করে। $4HNO_3=4NO_2=O_2+2H_2O$

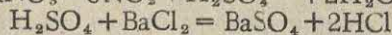
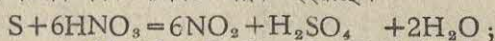
একটি গোলতল পাতন ফ্লাস্কে তীব্রভাবে উত্তপ্ত ঝামা পাথরের উপর ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড ফোঁটা ফোঁটা করিয়া ফেলিলে ফ্লাস্কের পার্শ্বস্থিত নির্গত নল দিয়া যে বাদামী গ্যাসীয় পদার্থ বাহির হয় তাহা পর পর দুইটি U-নলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করা হয়। প্রথম U-নলটি শীতল জলে এবং দ্বিতীয়টি হিমমিশ্রণে বসানো থাকে।

দ্বিতীয় U-নলে আটকানো নির্গম নলের শেষ প্রান্ত জলের তলায় ডুবানো থাকে। দেখা যায় U-নল দুইটিতে দুইটি ভিন্ন তরল সঞ্চিত হয় এবং সর্বশেষে নির্গম নল দিয়া যে বর্ণহীন গ্যাস বাহির হয় তাহা জলের অপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়। গ্যাসজারে সঞ্চিত গ্যাসটি অক্সিজেন ; কারণ একটি শিখাহীন জ্বলন্ত শলাকা ইহাতে প্রবেশ করাইলে উহা দপ্ করিয়া জ্বলিয়া উঠে। এই গ্যাস ক্ষারীয় পটাসিয়াম পাইরোগ্যালেটের দ্রবণে শোষিত হয়। এই পরীক্ষা দ্বারা নাইট্রিক অ্যাসিডে অক্সিজেনের উপস্থিতি প্রমাণ করা হয়।

প্রথম U-নলে যে বর্ণহীন তরল পাওয়া যায় তাহা জল। ইহা অনার্দ্র কপার সালফেটের বর্ণ নীল করে।

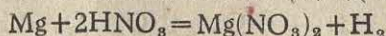
দ্বিতীয় U-নলে হিমমিশ্রণের শীতলতায় নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড জমিয়া বাদামী তরল রূপে সঞ্চিত হয়। উহা সামান্য উত্তাপেই বাদামী গ্যাসরূপে বাহির হয়। ইহার ঝাঁঝালো বিশিষ্ট গন্ধ এবং বর্ণই ইহাকে সনাক্ত করে।

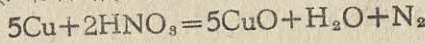
(২) **নাইট্রিক অ্যাসিড একটি শক্তিশালী জারক দ্রব্য :** ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড সালফারকে জারিত করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিড দেয়। একটি টেস্টটিউবে থানিকটা গন্ধক চূর্ণ ও গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড মিশ্রণ লইয়া উত্তপ্ত করিলে বাদামী ধোঁয়া নির্গত হইতে থাকে। ধোঁয়ার নির্গমন বন্ধ হইলে টেস্টটিউবটি ঠাণ্ডা করা হয় এবং পাতিত জল মিশাইয়া লঘু করিয়া ফিলটার করা হয়। স্বচ্ছ পরিস্রুতে কয়েক ফোঁটা বেরিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ মিশাইলে সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে। ইহা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য। এই পরীক্ষায় সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতি প্রমাণিত হয়। এখানে সালফার সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত হইয়াছে।

$$S+6HNO_3=6NO_2+H_2SO_4+2H_2O;$$
$$H_2SO_4+BaCl_2=\underset{\text{অদ্রাব্য}}{BaSO_4}+2HCl$$

নাইট্রিক অ্যাসিডে হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন আছে ইহার প্রমাণ :

অক্সিজেনের অস্তিত্ব : পরীক্ষার সাহায্যে নাইট্রিক অ্যাসিডের ধর্মের প্রমাণ করার সময় উচ্চ তাপমাত্রায় ইহার বিয়োজন দেখানো হইয়াছে (১ম পরীক্ষা)। এই পরীক্ষা দ্বারা নাইট্রিক অ্যাসিডে অক্সিজেনের অস্তিত্ব দেখানো হয়।

হাইড্রোজেনের অস্তিত্ব : একটি উল্ফ বোতলে পাতিত জল লইয়া উহাতে একটুক্রা ম্যাগনেসিয়াম মিশানো হইলে কোন গ্যাস নির্গত হয় না। ইহাতে কয়েক ফোঁটা লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড মিশাইলে বুদ্‌বুদ্ আকারে একটি বর্ণহীন গ্যাস নির্গত হয় এবং উহা যথারীতি জলের অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়। এই গ্যাস হাইড্রোজেন, কেননা, এই গ্যাসে জ্বলন্ত কাঠি ধরিলে গ্যাসটি নীলাভ শিখা সহ জ্বলে।

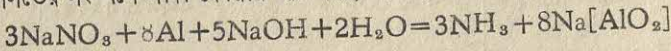
$$Mg+2HNO_3=Mg(NO_3)_2+H_2$$

নাইট্রোজেনের অস্তিত্ব ঃ একটি কাচের মোটা দাহনলে কপার কুচি উত্তপ্ত করিয়া উহার উপর নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প চালনা করিলে নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয়। উহা জলের নিম্নাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সঞ্চিত করা হয়। গ্যাসজারে সঞ্চিত গ্যাস নাইট্রোজেনের। কেননা এই বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাস নিষ্ক্রিয়। ইহা জলন্ত শলাকা নিভাইয়া দেয়। উত্তপ্ত ম্যাগনেসিয়াম কর্তৃক শোষিত হইয়া ইহা ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড গঠন করে—যাহা জলের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া দেয়।

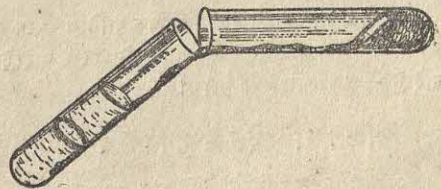
$$5Cu+2HNO_3=5CuO+H_2O+N_2$$

ব্যবহার ঃ (১) নাইট্রিক অ্যাসিড বিস্ফোরক দ্রব্য প্রস্তুতিতে বিশেষভাবে ব্যবহৃত হয়। নাইট্রোগ্লিসারিন, টি. এন. টি, পিকরিক অ্যাসিড, গান কটন ইত্যাদি বিস্ফোরকদ্রব্য নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে প্রস্তুত করিতে হয়। (২) ইহা কৃত্রিম সিল্ক, রঙ, সালফিউরিক অ্যাসিড এবং সেলুলয়েড প্রভৃতির পণ্য উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। (৩) ল্যাবরেটরীতে জারক এবং বিজারক রূপে নাইট্রিক অ্যাসিডের প্রচুর ব্যবহার আছে। (৪) বিভিন্ন প্রয়োজনীয় নাইট্রেট লবণ ও অম্লরাজ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। (৫) বিভিন্ন ধাতু এবং ধাতু সঙ্করকে দ্রবীভূত করিতে এবং অনেক সময় ধাতব দ্রব্য পরিষ্কার করিতে এবং তড়িৎলেপনে ইহা ব্যবহার করা হয়।

নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রেট লবণের সনাক্তকরণ ঃ

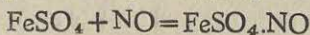
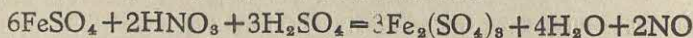
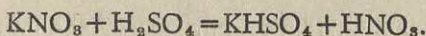
(১) নাইট্রিক অ্যাসিড বা নাইট্রেট লবণ, ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ও কপার কুচিসহ উত্তপ্ত করিলে গাঢ় বাদামী গ্যাস (নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড) নির্গত হয়।

(২) নাইট্রেটের গাঢ় দ্রবণে অ্যালুমিনিয়াম পাত ও গাঢ় কষ্টিক সোডা দ্রবণ মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত অ্যামোনিয়া নির্গত হয়, যাহা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে সাদা ধোঁয়ার সৃষ্টি করে, লাল লিটমাস নীল করে।

$$3NaNO_3+8Al+5NaOH+2H_2O=3NH_3+8Na[AlO_2]$$

(৩) **বলয় পরীক্ষা** (Ring Test)**ঃ** নাইট্রিক অ্যাসিড বা ধাতব লবণের নাইট্রেট মূলক সনাক্তকরণে ইহা একটি বিশেষ পরীক্ষা।

একটি টেষ্ট টিউবে নাইট্রিক অ্যাসিডের পাতলা দ্রবণ বা কোন ধাতব নাইট্রেটের (যেমন KNO_3) লঘু দ্রবণ লইয়া উহাতে সম পরিমাণ সদ্যপ্রস্তুত ফেরাস সালফেট দ্রবণ মিশাইতে হয়। মিশ্রিত দ্রবণটি ঠাণ্ডা করিয়া উহাতে অন্য একটি টিউব হইতে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড আস্তে আস্তে (টেষ্টটিউব না নাড়িয়া) ঢালা হয়। সালফিউরিক অ্যাসিড ভারী বলিয়া উহা দ্রবণের নীচে জমা হইবে এবং অ্যাসিড ও দ্রবণের সংযোগস্থলে

চিত্র ২(৫৯)—বলয় পরীক্ষা

একটি বাদামী রং-এর বলয় বা রিং সৃষ্টি হয়। এই পরীক্ষায় নাইট্রিক অ্যাসিড (নাইট্রেট লবণ হইলে সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় উৎপন্ন) ফেরাস সালফেট দ্বারা বিজারিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে, যাহা ফেরাস সালফেটের সহিত মিলিয়া $FeSO_4.NO$ বাদামী যুত-যৌগ গঠন করে।

$$KNO_3+H_2SO_4=KHSO_4+HNO_3.$$
$$6FeSO_4+2HNO_3+3H_2SO_4=3Fe_2(SO_4)_3+4H_2O+2NO$$
$$FeSO_4+NO=FeSO_4.NO$$

(৪) **ব্রুসিন পরীক্ষা** (Brucine Test) :

একটি পোর্সেলিন বেসিনে সামান্য ব্রুসিন রাখিয়া তাহাতে কয়েক ফোঁটা নাইট্রেটের দ্রবণ ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দিলে মিশ্রণটি তৎক্ষণাৎ উজ্জ্বল লাল বর্ণ ধারণ করে।

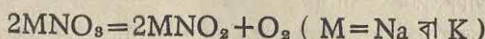
নাইট্রাইট ও নাইট্রেট লবণের পার্থক্য :

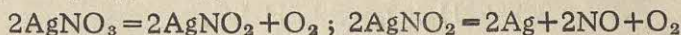
পরীক্ষা	নাইট্রাইট লবণ	নাইট্রেট লবণ
(১) লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করা হইল	বাদামী গ্যাস নির্গত হয়	বাদামী গ্যাস নির্গত হয় না।
(২) অ্যাসিটিক অ্যাসিড, পটাসিয়াম আয়োডাইড ও স্টার্চ দ্রবণ যোগ করা হইল	নীল বর্ণ দ্রবণ	বর্ণ নীল হয় না।
(৩) লঘু অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেট দ্রবণ	বর্ণহীন হয়	বর্ণহীন হয় না।
(৪) ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ও ব্রুসিন	লাল রঙ হয় না	উজ্জ্বল লাল বর্ণ হয়।
(৫) বলয় পরীক্ষা	সমস্ত দ্রবণ বাদামী বর্ণ হয়	বাদামী বলয় অ্যাসিড এবং দ্রবণের মধ্যবর্তী স্থানে সৃষ্টি হয়।
(৬) ইউরিয়া ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড	বুদ্‌বুদ আকারে নাইট্রোজেন নির্গত হয়	নাইট্রোজেন নির্গত হয় না।

নাইট্রেট লবণে নাইট্রাইট সংমিশ্রিত থাকিলে প্রথমে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড বা ইউরিয়া সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে উত্তপ্ত করিয়া নাইট্রাইটকে নাইট্রোজেনে বিশ্লিষ্ট করিয়া দূর করিতে হয় এবং পরে নাইট্রেট-মূলকের জন্য বলয় পরীক্ষা করিতে হয়।

বিভিন্ন নাইট্রেট লবণের উপর তাপের প্রভাব :

সকল ধাতব নাইট্রেটই উত্তাপ প্রয়োগে বিশ্লিষ্ট হয়। কিন্তু বিভিন্ন ধাতুর নাইট্রেট বিভিন্ন যৌগ সৃষ্টি করে। উচ্চ তাপাঙ্কে **সোডিয়াম বা পটাসিয়াম** নাইট্রেট বিশ্লিষ্ট হইয়া সোডিয়াম বা পটাসিয়াম নাইট্রাইট এবং অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

$$2MNO_3=2MNO_2+O_2 \text{ (M=Na বা K)}$$

সিলভার নাইট্রেট উত্তপ্ত করিলে উহা প্রথমে (450°C) সিলভার নাইট্রাইট ও অক্সিজেনে পরিণত হয়। আরো অধিক উষ্ণতায় সিলভার নাইট্রাইট বিযোজিত হইয়া ধাতব সিলভার, নাইট্রিক-অক্সাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

$$2AgNO_3 = 2AgNO_2 + O_2\ ;\ 2AgNO_2 = 2Ag + 2NO + O_2$$

অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট-কে উত্তপ্ত করিলে উহা বিশ্লিষ্ট হইয়া বর্ণহীন হাস্য-উদ্রেককারী নাইট্রাস অক্সাইড ও জল গঠন করে। $NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O$

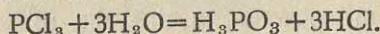
ভারী ধাতু সমূহের (যথা—লেড, কপার ইত্যাদি) নাইট্রেট উত্তপ্ত করিলে উহারা বিশ্লিষ্ট হইয়া ধাতব অক্সাইড, ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত, গাঢ় বাদামী নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাস ও প্রায়শঃ অক্সিজেন উৎপন্ন করে। উৎপন্ন ধাতব অক্সাইডগুলিও বিভিন্ন বর্ণের হয়।

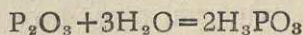
$$2Pb(NO_3)_2 = \underset{(\text{হলুদ})}{2PbO} + 4NO_2 + O_2\ ;\ 2Cu(NO_3)_2 = \underset{(\text{কালো})}{2CuO} + 4NO_2 + O_2$$

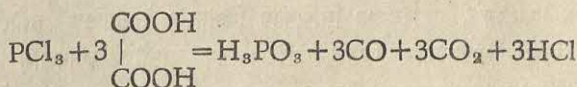
$$2Hg(NO_3)_2 = \underset{(\text{লাল})}{2HgO} + 4NO_2 + O_2\ ;\ 2Zn(NO_3)_2 = \underset{(\text{সাদা})}{2ZnO} + 4NO_2 + O_2$$

ফসফরাস অ্যাসিড, H_3PO_3

প্রস্তুতি : (ক) ফসফরাস ট্রাই-ক্লোরাইড শীতল জলে তীব্রতার সহিত আর্দ্র বিশ্লেষিত হইয়া ফসফরাস অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$$PCl_3 + 3H_2O = H_3PO_3 + 3HCl.$$

দ্রবণটি 180°C তাপমাত্রা পর্যন্ত উত্তপ্ত করিলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দূরীভূত হয় এবং ঠাণ্ডা করিলে ফসফরাস অ্যাসিডের কেলাস পাওয়া যায়।

(খ) ইহা ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইডকে ঠাণ্ডা জলে দ্রবীভূত করিয়াও প্রস্তুত করা হয়। $P_2O_3 + 3H_2O = 2H_3PO_3$

(গ) ফসফরাস ট্রাই-ক্লোরাইড ও অক্সালিক অ্যাসিড মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়াও ইহা পাওয়া যায়।

$$PCl_3 + 3\begin{array}{c}COOH\\ |\\ COOH\end{array} = H_3PO_3 + 3CO + 3CO_2 + 3HCl$$

ধর্ম : ভৌত : ইহা সাধারণভাবে উদগ্রাহী, সাদা স্ফটিকাকার কঠিন পদার্থ (গলনাঙ্ক 74°C)।

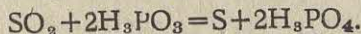
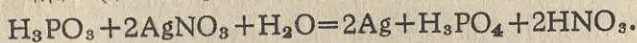
রাসায়নিক : (১) উত্তাপ প্রয়োগে 200°C তাপমাত্রায় ইহা ফসফিন ও অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিডে বিভাজিত হয়। $4H_3PO_3 = PH_3 + 3H_3PO_4$.

(২) ইহা একটি দ্বিক্ষারীয় অ্যাসিড। ইহাতে তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণু বর্তমান থাকিলেও মাত্র দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা যায়। সেইজন্য ইহা হইতে দুই রকমের লবণ পাওয়া যায়। যথা—NaH_2PO_3, Na_2HPO_3.

(৩) ইহার উল্লেখযোগ্য বিজারণ গুণ আছে। ইহা নিজে অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া ফসফরিক অ্যাসিড দেয়। ফসফরাস অ্যাসিড বিজারণ দ্বারা সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ হইতে সিলভার, কপার সালফেট হইতে কপার মুক্ত করে। ইহা সালফার ডাই-

অক্সাইডকে মৌল সালফারে বিজারিত করে। প্রতি ক্ষেত্রেই নিজে ফসফরিক অ্যাসিডে জারিত হয়। $2H_3PO_3+O_2=2H_3PO_4$.

$$H_3PO_3+2AgNO_3+H_2O=2Ag+H_3PO_4+2HNO_3.$$

$$SO_2+2H_3PO_3=S+2H_3PO_4.$$

অর্থোফসফরিক অ্যাসিড, H_3PO_4

ইহাকে সচরাচর ফসফরিক অ্যাসিড বলা হয়।

প্রস্তুতি : (ক) ফসফরাস পেন্টোক্সাইডকে সাবধানে জলের সহিত ফুটাইলে ইহা দ্রবীভূত হইয়া ফসফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। $P_2O_5+3H_2O=3H_3PO_4$.

(খ) উত্তপ্ত অবস্থায় গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ও লাল ফসফরাসের বিক্রিয়ায় ফসফরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। বিশুদ্ধতর অ্যাসিড পাওয়ার এই পদ্ধতিই ল্যাবরেটরীতে ব্যবহৃত হয়। $4P+10HNO_3+H_2O=4H_3PO_4+5NO+5NO_2$.

উৎপন্ন দ্রবণকে 180°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে নাইট্রোজেনের অক্সাইডগুলি বাষ্পাকারে দূরীভূত হয় এবং গাঢ় করিলে ফসফরিক অ্যাসিড সিরাপাকার ধারণ করে। এই সিরাপ একটি বায়ুশূন্য শীতল শোষকাধারে রাখিলে অ্যাসিডের উদগ্রাহী কেলাসে পরিণত হয়।

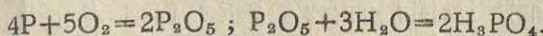
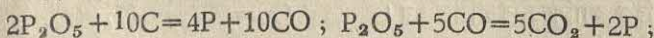
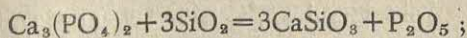
(গ) খনিজ ফসফোরাইট বা অস্থিভস্ম চূর্ণ ও নাতি গাঢ় (60%) সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া সস্তায় অধিক পরিমাণে ফসফরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায়। $Ca_3(PO_4)_2+3H_2SO_4=2H_3PO_4+3CaSO_4$.

লেডের আস্তরণমুক্ত একটি লৌহনির্মিত কড়াইতে উত্তাপ প্রয়োগে উপরিউক্ত বিক্রিয়া সম্পন্ন করা হয়। অধঃক্ষিপ্ত ক্যালসিয়াম সালফেট কোক চূর্ণের মধ্য দিয়া ফিলটার করিয়া অপসারিত করা হয় এবং ফসফরিক অ্যাসিডের দ্রবণ উত্তাপে গাঢ়ীকরণ দ্বারা সিরাপে পরিণত করা হয়।

(ঘ) খনিজ ফসফেট, কার্বন ও সিলিকার মিশ্রণকে বৈদ্যুতিক চুল্লীতে তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গের দ্বারা উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে যে বাষ্পীয় ফসফরাস ও কার্বন মনোক্সাইড মিশ্রণ পাওয়া যায় তাহা অক্সিজেনে দহন করিলে ফসফরাস পেন্টোক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইডে জারিত হয় এবং এই গ্যাস মিশ্রণ ঠাণ্ডা করিয়া জলের ধারা দিলে ফসফরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$Ca_3(PO_4)_2+3SiO_2=3CaSiO_3+P_2O_5\ ;$$

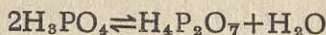
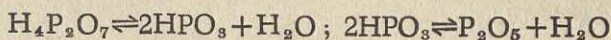
$$2P_2O_5+10C=4P+10CO\ ;\ P_2O_5+5CO=5CO_2+2P\ ;$$

$$4P+5O_2=2P_2O_5\ ;\ P_2O_5+3H_2O=2H_3PO_4.$$

ধর্ম : ভৌত : বিশুদ্ধ ফসফরিক অ্যাসিড বর্ণহীন কেলাসাকার কঠিন পদার্থ। (গলনাঙ্ক 39°C). ইহা জলে খুব দ্রাব্য।

রাসায়নিক : (১) উত্তাপ প্রয়োগে ফসফরিক অ্যাসিড হইতে জলের অণু অপসারিত হইয়া যায়। প্রথমে 213°C তাপমাত্রায় পাইরোফসফরিক অ্যাসিড পাওয়া

যায়, যাহা 316°C তাপমাত্রায় মেটাফসফরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। আরো অধিক তাপাঙ্কে মেটাফসফরিক অ্যাসিড ফসফরাস পেন্টোক্সাইড দেয়।

$$2H_3PO_4 \overset{213^\circ C}{\rightleftharpoons} H_4P_2O_7 + H_2O$$

$$H_4P_2O_7 \overset{316^\circ C}{\rightleftharpoons} 2HPO_3 + H_2O \; ; \; 2HPO_3 \rightleftharpoons P_2O_5 + H_2O$$

সমস্ত বিক্রিয়াগুলি উভমুখী। অর্থোফসফরিক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করিয়া পরে ঠাণ্ডা করিলে উহা একটি কাচের ন্যায় পদার্থে পরিণত হয়, ইহাকে গ্লাসিয়াল ফসফরিক অ্যাসিড (glacial phosphoric acid) বলা হয়।

(২) ইহা একটি ত্রিক্ষারীয় অ্যাসিড। ইহার তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণুই ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপনযোগ্য। ফলে ইহা তিন রকমের লবণ গঠন করিতে পারে। যেমন—

(অ) NaH_2PO_4, $Ca(H_2PO_4)_2$ ইত্যাদি এক পরমাণু হাইড্রোজেন অপসারণ দ্বারা গঠিত। এই লবণকে প্রাইমারী ফসফেট বা অ্যাসিড ফসফেট বলা হয়। এই লবণগুলি অ্যাসিডিক। ইহাদের জলীয় দ্রবণ অ্যাসিডধর্মী।

(আ) Na_2HPO_4, $Ca(HPO_4)$ ইত্যাদি—দুই পরমাণু হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপনে প্রাপ্ত। এইসব লবণকে সেকেণ্ডারী ফসফেট বলা হয়। ইহাদের জলীয় দ্রবণ মোটামুটি প্রশম।

(ই) Na_3PO_4, $Ca_3(PO_4)_2$ ইত্যাদি—তিন পরমাণু হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপনে গঠিত। এইসব লবণকে বলা হয় টারসিয়ারী ফসফেট। আর্দ্র বিশ্লেষণের জন্য ইহাদের জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী।

ব্যবহার : (১) নিরুদক হিসাবে ফসফরিক অ্যাসিড সিরাপ প্রধানতঃ ব্যবহৃত হয়।

(২) যে ক্ষেত্রে সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহারে জটিলতা দেখা দেয়, সেখানে অনেক সময় ফসফরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয়।

(৩) সোডিয়াম, পটাসিয়াম, অ্যামোনিয়াম ফসফেট প্রস্তুতিতে ইহার ব্যবহার হয়।

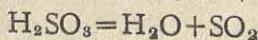
(৪) ঔষধ হিসাবেও ইহার ব্যবহার জানা আছে।

সালফিউরাস অ্যাসিড, H_2SO_3

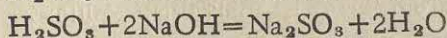
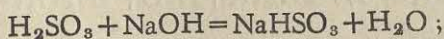
সালফিউরাস অ্যাসিড একটি অস্থায়ী অ্যাসিড। কেবলমাত্র জলীয় দ্রবণেই ইহার অস্তিত্ব জানা আছে। ইহাকে কখনও বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় না। তবে এই অ্যাসিডের লবণগুলি স্থায়ী যৌগ এবং বিশুদ্ধ কেলাসাকারে ইহাদের পাওয়া সম্ভব।

প্রস্তুতি : সালফার ডাই-অক্সাইডকে জলে দ্রবীভূত করিলে সালফিউরাস অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়। $SO_2 + H_2O = H_2SO_3$

ধর্ম : ইহা একটি অস্থায়ী, দুর্বল দ্বি-ক্ষারী অ্যাসিড। সামান্য তাপ প্রয়োগ করিলেই ইহার জলীয় দ্রবণ হইতে সালফার ডাই-অক্সাইড নির্গত হয়।

$$H_2SO_3 = H_2O + SO_2$$

ইহার জলীয় দ্রবণ একটি আবদ্ধ নলে 150°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে ইহা সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয় এবং সঙ্গে হালকা হলুদ রং-এর সালফার মৌল পৃথক হয়। $3H_2SO_3 = 2H_2SO_4 + S + H_2O$.

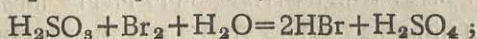
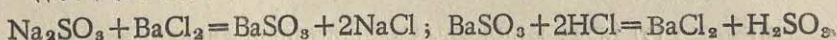
সালফিউরাস অ্যাসিড দ্বি-ক্ষারীয় বলিয়া ইহা বাই-সালফাইট [$KHSO_3$, $Ca(HSO_3)_2$ ইত্যাদি] এবং সালফাইট [K_2SO_3, $CaSO_3$ ইত্যাদি] দুই প্রকারের লবণ উৎপন্ন করে।

$$H_2SO_3 + NaOH = NaHSO_3 + H_2O\ ;$$
$$H_2SO_3 + 2NaOH = Na_2SO_3 + 2H_2O$$

ক্ষার ধাতু, যথা সোডিয়াম, পটাসিয়াম ব্যতীত ইহার সমস্ত প্রশম লবণগুলি জলে অদ্রাব্য। ইহা একটি উত্তম বিজারণ ধর্ম বিশিষ্ট অ্যাসিড। তবে এই সকল ধর্ম প্রকৃতপক্ষে সালফার ডাই-অক্সাইডেরই ধর্ম। সুতরাং পুনর্বার উল্লেখ করা হইল না।

সালফাইট (SO_3) মূলকের সনাক্তকরণ :

শুষ্ক পরীক্ষা : কঠিন সালফাইটে লঘু H_2SO_4 বা HCl মিশাইলে পোড়া গন্ধকের গন্ধসহ SO_2 গ্যাস বুদ্‌বুদ্‌ আকারে নির্গত হয়। উৎপন্ন গ্যাসে অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেটে সিক্ত কাগজ সবুজ হয়।

সিক্ত পরীক্ষা : সালফাইডের জলীয় লবণে বেরিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ মিশাইলে বেরিয়াম সালফাইটের সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে, যাহা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রাব্য। এই দ্রবণে ব্রোমিন জল মিশাইয়া সামান্য উত্তপ্ত করিলে আবার সাদা অধঃক্ষেপ আসে। ব্রোমিন সালফাইটকে সালফেটে জারিত করে বলিয়াই উহা বেরিয়াম সালফেটের অদ্রাব্য অধঃক্ষেপ গঠন করে।

$$Na_2SO_3 + BaCl_2 = BaSO_3 + 2NaCl\ ;\ \ BaSO_3 + 2HCl = BaCl_2 + H_2SO_3$$
$$H_2SO_3 + Br_2 + H_2O = 2HBr + H_2SO_4\ ;$$
$$BaCl_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 + 2HCl$$

সালফিউরিক অ্যাসিড, H_2SO_4

অজৈব অ্যাসিডগুলির মধ্যে সবচেয়ে প্রয়োজনীয় অ্যাসিড হইল সালফিউরিক অ্যাসিড। শিল্পে ইহার বহুল প্রয়োজনহেতু বলা হয়, যে দেশ যত বেশী সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করে, সেই দেশ তত শিল্পোন্নত। প্রকৃতিতে ইহা মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না।

প্রস্তুতি : সালফার ট্রাই-অক্সাইডকে জলে শোষণ করিয়া, সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণকে বায়ুর অক্সিজেন, ক্লোরিন বা নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিড পাওয়া যাইতে পারে।

এই সকল পদ্ধতিতে অতি সামান্য পরিমাণ সালফিউরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। সেইজন্য ব্যবহারিক বিচারে এই সব পদ্ধতি মূল্যহীন।

ল্যাবরেটরী পদ্ধতি :

নীতি : সালফার ডাই-অক্সাইড, বায়ুর অক্সিজেন ও জল বা ষ্টীম নাইট্রোজেনের

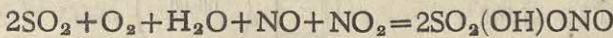
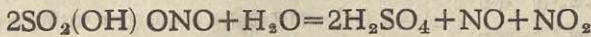
গ্যাসীয় অক্সাইড, (NO_2 এবং NO) অনুঘটকের উপস্থিতিতে ক্রিয়া করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। প্রকৃতপক্ষে সালফার ডাই-অক্সাইডের জারণে উৎপন্ন সালফার ট্রাই-অক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

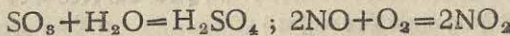
নাইট্রোজেনের অক্সাইড কিভাবে এই জারণ প্রভাবিত করে সেই সম্বন্ধে নানা মত আছে। অনেকের মতে—

(১) সালফার ডাই-অক্সাইড, অক্সিজেন, নাইট্রোজেনের অক্সাইড ও জল প্রথমে নাইট্রোসো সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। পরে ইহা জলের সংস্পর্শে দ্রুত বিশ্লেষিত হইয়া সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয় এবং নাইট্রোজেনের অক্সাইড পুনরায় নির্গত হইয়া বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে—

$$2SO_2+O_2+H_2O+NO+NO_2=2SO_2(OH)ONO$$

নাইট্রোসোসালফিউরিক অ্যাসিড

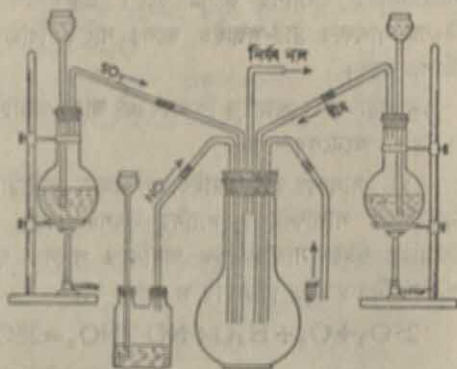
$$2SO_2(OH)\,ONO+H_2O=2H_2SO_4+NO+NO_2$$

(২) ভিন্নমতে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড সালফার ডাই-অক্সাইডকে সালফার ট্রাই-অক্সাইডে জারিত করে এবং নিজে নাইট্রিক অক্সাইডে বিজারিত হয়। সালফার ট্রাই-অক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়ায় সালফিউরিক অ্যাসিড গঠন করে। নাইট্রিক অক্সাইড বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড দেয় এবং পুনরায় জারণক্রিয়ায় সাহায্য করে। $SO_2+NO_2=SO_3+NO$

$$SO_3+H_2O=H_2SO_4\;;\;2NO+O_2=2NO_2$$

এখানে নাইট্রিক অক্সাইড বায়ু হইতে অক্সিজেন লইয়া সালফার ডাই-অক্সাইডকে দেয় এবং অক্সিজেনের বাহক (Oxygen carrier) হিসাবে কাজ করে।

পদ্ধতির বর্ণনা ঃ একটি শুষ্ক বড় শক্ত কাচের ফ্লাস্কের মুখে রবারের ছিপির মধ্য দিয়া পাঁচটি কাঁচনল ফ্লাস্কে প্রবেশ করানো হয়। ইহাদের চারিটি বড় এবং ফ্লাস্কের প্রায় তলদেশ পর্যন্ত বিস্তৃত। অপরটি ছোট, উহা ছিপির সামান্য নীচ পর্যন্ত প্রবেশ করানো। এই চারিটি নলের একটিকে নাইট্রিক-অক্সাইড তৈয়ারী করার উল্ফ্ বোতলের নির্গম নলের সঙ্গে যুক্ত করা হয় (কপারের ছিব্‌ড়ার সহিত নাতি গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় নাইট্রিক-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়)। অন্য একটি নল সালফার ডাই-অক্সাইড তৈরীর জন্য সাজানো ফ্লাস্কের নির্গম নলের সহিত সংযুক্ত করা হয়। (উত্তপ্ত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও কপারের বিক্রিয়ায় প্রস্তুত করা হয় সালফার ডাই-অক্সাইড)। একটি নল দিয়া জলীয় বাষ্প (জল ফুটাইয়া প্রস্তুত করা হয়) এবং আর একটি নল দিয়া বায়ু প্রবেশের ব্যবস্থা করা হয়। চারিটি নল দিয়া ফ্লাস্কে নাইট্রিক-অক্সাইড, সালফার ডাই-অক্সাইড, বায়ু ও স্টীম প্রবেশ করে। বড় ফ্লাস্কে প্রবেশ করানোর পূর্বে প্রথমোক্ত তিনটি গ্যাসীয় পদার্থ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে চালনা করিয়া শুষ্ক করা হয় (চিত্রে শুষ্কীকরণ দেখানো হয় নাই)।

ফ্লাস্কটিতে প্রথমে শুষ্ক অক্সিজেন ও নাইট্রিক-অক্সাইড পাঠানো হয়। ইহারা পরস্পরের সহিত বিক্রিয়ায় বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করে। ইহার পর সালফার ডাই-অক্সাইড চালনা করা হয়। কিছু পরে ফ্লাস্কে জলীয় বাষ্প প্রবেশ করিতে দেওয়া হয়।

চিত্র ২ (৮+)—ল্যাবরেটরীতে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতি

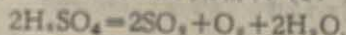
বিক্রিয়ায় প্রথমে নাইট্রোসো সালফিউরিক অ্যাসিড গঠিত হয়, যাহা জলীয় বাষ্পের সংস্পর্শে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া যায়। অবশেষে তৈলের মত একটি তরল পদার্থ ফ্লাস্কের তলায় সঞ্চিত হয়। ইহাই গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড। ফ্লাস্কের ভিতর অবশিষ্ট গ্যাসের রঙ সামান্য বাদামী বর্ণের দেখায়। অতিরিক্ত গ্যাস ছোট নির্গম নল দিয়া বাহির হইয়া যায়।

দ্রষ্টব্য : যদি ফ্লাস্কের ভিতর ষ্টীম চালনা কিছু সময়ের জন্য বন্ধ রাখা হয় বা অপরিমিত ষ্টীম পরিচালনা করা হয়, তাহা হইলে এক প্রকার সাদা কেলাস ফ্লাস্কে জমা হইতে থাকে। ইহাকে বলা হয় চেম্বার কেলাস (নাইট্রোসো সালফিউরিক অ্যাসিড)।

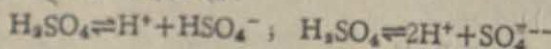
ল্যাবরেটরী পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড বিশেষ তৈরী করা হয় না; তবে এই পদ্ধতির অনুরূপ বিক্রিয়া দ্বারাই লেড প্রকোষ্ঠ পদ্ধতিতে ইহার পণ্য উৎপাদন করা হয়।

ধর্ম : ভৌত—(১) বিশুদ্ধ সালফিউরিক অ্যাসিড বর্ণহীন, গন্ধহীন, তৈলাক্ত তরল পদার্থ। (২) ইহা জল অপেক্ষা ভারী (15°C তাপমাত্রায় ইহার ঘনত্ব 1·848)। (৩) সালফিউরিক অ্যাসিডের (98%) স্ফুটনাঙ্ক 338°C। (৪) ইহা জলের সহিত যে কোন অনুপাতে মিশিতে পারে। জলের সহিত মিশ্রণকালে প্রচুর তাপের সৃষ্টি হয়। ইহার জলীয় দ্রবণ তড়িৎ সুপরিবাহী।

সালফিউরিক অ্যাসিডে জল ঢালিলে এত উত্তাপ সৃষ্টি হয় যে মিশ্রণ প্রায় ফুটিতে থাকে এবং জল ষ্টীমে পরিণত হইয়া চারদিকে ছিটকাইয়া পড়ে। এজন্য লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড তৈরী করিতে কোন পাত্রে ঠাণ্ডা জল লইয়া ধীরে ধীরে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইতে হয় এবং দ্রবণ কাচদণ্ড দিয়া ক্রমাগত নাড়িতে হয়।

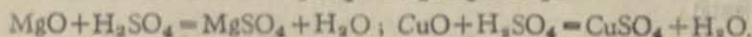
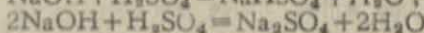
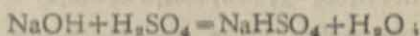
রাসায়নিক : (১) ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে ইহা সালফার ডাই-অক্সাইড, অক্সিজেন এবং ষ্টীমে বিয়োজিত হয়।

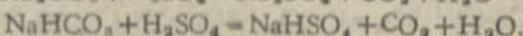
$$2H_2SO_4 = 2SO_2 + O_2 + 2H_2O.$$

(২) ইহা একটি তীব্র দ্বিক্ষারিক অ্যাসিড। ইহাতে অ্যাসিডের সব ধর্ম বিদ্যমান। ইহার জলীয় দ্রবণ সম্পূর্ণভাবে আয়নিত হয়।

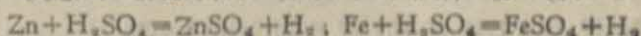
$$H_2SO_4 \rightleftharpoons H^+ + HSO_4^- ;\quad H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4^{--}$$

আমরা জানি দ্রবণ যত লঘু হয়, আয়নীভবন তত বৃদ্ধি পায়। সেইজন্য লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে H^+ আয়নের আধিক্য হেতু গাঢ় অ্যাসিড হইতে অধিকতর তীব্র।

ইহার জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাস দ্রবণকে লাল করে। ইহা ক্ষারক ও ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় লবণ ও জল উৎপন্ন করে।

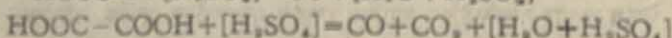
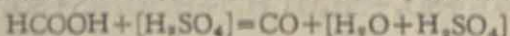
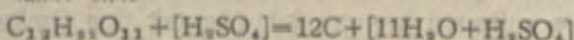
ইহা দ্বিক্ষারীয় বলিয়া ইহা বাইসালফেট (অ্যাসিড লবণ) এবং সালফেট (শমিত বা নর্মাল) দুই প্রকার লবণ গঠন করে। যেমন—$NaHSO_4$, Na_2SO_4। লেড, বেরিয়াম এবং স্ট্রন্সিয়াম ধাতুর সালফেট ব্যতীত সকল ধাতব সালফেট জলে দ্রাব্য। ক্যালসিয়াম সালফেটের জলে দ্রাব্যতা কম।

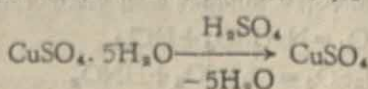
$$NaOH+H_2SO_4=NaHSO_4+H_2O\,;$$
$$2NaOH+H_2SO_4=Na_2SO_4+2H_2O$$
$$MgO+H_2SO_4=MgSO_4+H_2O\,;\ CuO+H_2SO_4=CuSO_4+H_2O.$$

সাধারণ তাপমাত্রায় ইহা কার্বনেট বা বাই-কার্বনেট লবণ হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত করে। $Na_2CO_3+H_2SO_4=Na_2SO_4+CO_2+H_2O$

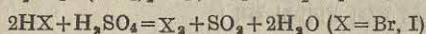
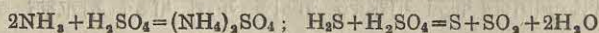
$$NaHCO_3+H_2SO_4=NaHSO_4+CO_2+H_2O.$$

জিঙ্ক, ম্যাগনেসিয়াম, আয়রন প্রভৃতি ধাতু (যাহারা তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের উপরে অবস্থিত) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে। হাইড্রোজেন গ্যাসরূপে নির্গত হয় এবং ধাতব সালফেট গঠিত হয়।

$$Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2\,;\ Fe+H_2SO_4=FeSO_4+H_2$$

(৩) জলের প্রতি সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রবল আসক্তি আছে। জল আকর্ষণের প্রবল ক্ষমতা থাকার জন্যই ইহা আর্দ্র বায়ু বা গ্যাস হইতে জলীয় বাষ্প শোষণ করে। O°C-এর কম উষ্ণতায় ইহা জলের সহিত বিভিন্ন যৌগিক স্ফটিক গঠন করে। যেমন, $H_2SO_4.H_2O$; $H_2SO_4.2H_2O$; $H_2SO_4.4H_2O$ ইত্যাদি।

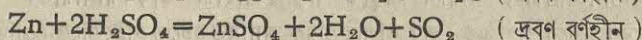
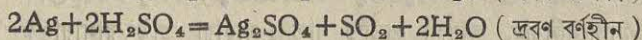
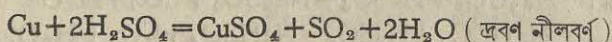
ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড অনেক জৈব যৌগ হইতে জল অণু শোষণ করে। ফরমিক অ্যাসিড ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণ উত্তপ্ত করিলে কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়। উক্ত ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড অক্সালিক অ্যাসিড হইতে জলের অণু শোষিত করিয়া কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড গঠন করে। চিনি বা স্টার্চ প্রভৃতি ঘন:সালফিউরিক অ্যাসিডে ইহাদের জলীয় কণা শোষিত হওয়ায় কার্বনে পরিণত হয়।

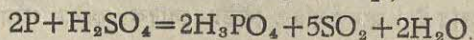
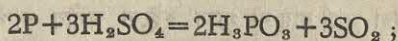
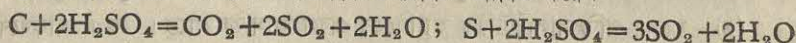
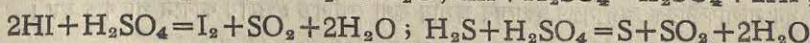
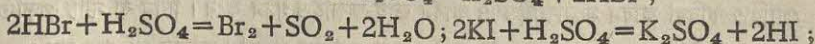
$$HCOOH+[H_2SO_4]=CO+[H_2O+H_2SO_4]$$
$$\underset{\text{অক্সালিক অ্যাসিড}}{HOOC-COOH}+[H_2SO_4]=CO+CO_2+[H_2O+H_2SO_4]$$
$$\underset{\text{চিনি}}{C_{12}H_{22}O_{11}}+[H_2SO_4]=12C+[11H_2O+H_2SO_4]$$

ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড কপার সালফেট কেলাসের (নীল) কেলাসজল শোষণ করিয়া উহাকে অনার্দ্র কপার সালফেটের সাদা গুঁড়ায় পরিণত করে।

$$CuSO_4.5H_2O \xrightarrow[-5H_2O]{H_2SO_4} CuSO_4$$

অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, সালফার ডাই-অক্সাইড, ক্লোরিন প্রভৃতি যে সকল গ্যাসের সহিত ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড বিক্রিয়া করে না, সেই সকল গ্যাস শুষ্ক করিতে সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়। কিন্তু সালফিউরিক অ্যাসিড অ্যামোনিয়া, হাইড্রোজেন সালফাইড, হাইড্রোজেন ব্রোমাইড, হাইড্রোজেন আয়োডাইড প্রভৃতি গ্যাসীয় পদার্থের সহিত বিক্রিয়া করে বলিয়া এই সকল গ্যাস শুষ্ক করিতে ব্যবহার করা যায় না। অ্যামোনিয়া ক্ষারক দ্রব্য। ইহা সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম সালফেট লবণ গঠন করে। H_2S, HBr. HI সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত হইয়া যথাক্রমে সালফার, ব্রোমিন ও আয়োডিন মুক্ত করে। সালফিউরিক অ্যাসিড নিজে সালফার ডাই-অক্সাইডে বিজারিত হয়।

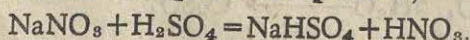
$$2NH_3+H_2SO_4=(NH_4)_2SO_4\ ;\quad H_2S+H_2SO_4=S+SO_2+2H_2O$$
$$2HX+H_2SO_4=X_2+SO_2+2H_2O\ (X=Br,\ I)$$

(৪) ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড সাধারণ এবং তপ্ত অবস্থায় জারণ ক্ষমতার অধিকারী।

তপ্ত ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড কপার, সিলভার, জিঙ্ক প্রভৃতি ধাতুকে উহাদের সালফেটে জারিত করে এবং নিজে সালফার ডাই-অক্সাইডে বিজারিত হয়।

$$Cu+2H_2SO_4=CuSO_4+SO_2+2H_2O$$ (দ্রবণ নীলবর্ণ)
$$2Ag+2H_2SO_4=Ag_2SO_4+SO_2+2H_2O$$ (দ্রবণ বর্ণহীন)
$$Zn+2H_2SO_4=ZnSO_4+2H_2O+SO_2$$ (দ্রবণ বর্ণহীন)

উত্তপ্ত ও ঘন অবস্থায় ইহা কার্বনকে কার্বন ডাই-অক্সাইডে, সালফারকে সালফার ডাই-অক্সাইডে এবং ফসফরাসকে ফসফরিক অ্যাসিডে জারিত করে।

$$C+2H_2SO_4=CO_2+2SO_2+2H_2O\ ;\quad S+2H_2SO_4=3SO_2+2H_2O$$
$$2P+3H_2SO_4=2H_3PO_3+3SO_2\ ;$$
$$2P+H_2SO_4=2H_3PO_4+5SO_2+2H_2O.$$

ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড পটাসিয়াম ব্রোমাইড বা হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড, পটাসিয়াম আয়োডাইড বা হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিডকে জারিত করিয়া যথাক্রমে ব্রোমিন ও আয়োডিন মুক্ত করে। ইহা হাইড্রোজেন সালফাইডকে জারিত করিয়া সালফার অধঃক্ষিপ্ত করে। $2KBr+H_2SO_4=K_2SO_4+2HBr$;
$2HBr+H_2SO_4=Br_2+SO_2+2H_2O$; $2KI+H_2SO_4=K_2SO_4+2HI$;
$2HI+H_2SO_4=I_2+SO_2+2H_2O$; $H_2S+H_2SO_4=S+SO_2+2H_2O$

উত্তপ্ত ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ফেরাস সালফেটকে ফেরিক সালফেটে জারিত করে। $2FeSO_4+2H_2SO_4=Fe_2(SO_4)_3+2H_2O+SO_2$

সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা জারণকালে ইহা প্রতিক্ষেত্রেই নিজে বিজারিত হইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড গঠন করে।

(৫) সালফিউরিক অ্যাসিড হাইড্রোক্লোরিক ও নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে কম উদ্বায়ী। ক্লোরাইড বা নাইট্রেট লবণ ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডসহ উত্তপ্ত করিলে ঐ সকল অ্যাসিড নির্গত হয়। $NaCl+H_2SO_4=NaHSO_4+HCl$;
$$NaNO_3+H_2SO_4=NaHSO_4+HNO_3.$$

পরীক্ষার সাহায্যে বিশেষ বিশেষ ধর্মের প্রমাণ :

(১) **উচ্চ তাপমাত্রায় সালফিউরিক অ্যাসিড বিযোজিত** হয় এবং সালফার ডাই-অক্সাইড, অক্সিজেন ও জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে।

একটি গোলতল পাতন ফ্লাস্কে তীব্রভাবে উত্তপ্ত ঝামাপাথরের উপর বিন্দুপাতী ফানেল হইতে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ফোঁটা ফোঁটা করিয়া ফেলিলে ফ্লাস্কের পার্শ্বস্থিত নির্গম নল দিয়া যে গ্যাসমিশ্রণ নির্গত হয় তাহা পর পর দুইটি U-নলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করা হয়। প্রথম U-নলটি শীতল জলে এবং দ্বিতীয়টি হিম-মিশ্রণে বসানো থাকে।

দ্বিতীয় U-নলে আটকানো নির্গম নলের শেষ প্রান্ত জলের নীচে ডুবানো থাকে। দেখা যায়, U-নল দুইটিতে দুইটি ভিন্ন তরল সঞ্চিত হয় এবং সর্বশেষে নির্গম নল দিয়া যে বর্ণহীন গ্যাস বাহির হয় তাহা জলের অপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়। গ্যাসজারে সঞ্চিত গ্যাস অক্সিজেন ; কারণ একটি শিখাহীন জ্বলন্ত শলাকা ইহাতে প্রবেশ করাইলে শলাকাটি দপ্ করিয়া জ্বলিয়া উঠে। এই গ্যাস ক্ষারীয় পটাসিয়াম পাইরোগ্যালেট দ্রবণ কর্তৃক শোষিত হয়। এই পরীক্ষা সালফিউরিক অ্যাসিডে অক্সিজেনের অস্তিত্ব প্রমাণ করে।

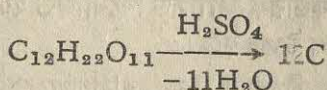
প্রথম U-নলে যে তরল পাওয়া যায় তাহা জল ; কারণ ইহা অনার্দ্র কপার সালফেটের বর্ণ নীল করে। দ্বিতীয় U-নলে হিম মিশ্রণের শীতলতায় সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস জমিয়া তরলরূপে সঞ্চিত হয়। ইহা সামান্য তাপপ্রয়োগে পোড়া গন্ধকের ঝাঁঝাল গন্ধ-যুক্ত গ্যাস নির্গত করে যাহা অ্যাসিড যুক্ত পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট দ্রবণে সিক্ত কাগজকে সবুজ করে। $2H_2SO_4 = 2H_2O + 2SO_2 + O_2$.

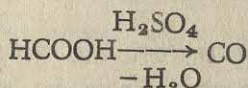
(২) **ইহা অ্যাসিডধর্মী পদার্থ :** একটি টেস্ট টিউবে জল লইয়া উহাতে কয়েক ফোঁটা ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া ঠাণ্ডা করা হইল। এই দ্রবণে নীল লিটমাস দ্রবণ দিলে তাহা লাল বর্ণে রূপান্তরিত হয়। একটি টেষ্ট টিউবে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড লইয়া উহাতে জিঙ্কের দানা, ম্যাগনেসিয়াম বা আয়রন যোগ করিলে তৎক্ষণাৎ বুদ্‌বুদ্‌সহ বর্ণহীন গ্যাস নির্গত হয়। নির্গত গ্যাস হাইড্রোজেনের, কেননা ইহা জ্বালাইলে নীল বর্ণের শিখাসহ জলে। এখানে ধাতু কর্তৃক অ্যাসিডের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হইয়াছে।

একটি টেষ্ট টিউবে সোডিয়াম কার্বনেট বা অন্য কোন কার্বনেট লইয়া উহাতে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইলে তৎক্ষণাৎ বুদ্‌বুদ আকারে বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাস নির্গত হয়। এই গ্যাস কার্বন ডাই-অক্সাইডের ; কেননা ইহা চুনজলে প্রবাহিত করিলে স্বচ্ছ চুনজল ঘোলাটে হয়।

(৩) **ইহা প্রবল জলাকর্ষী পদার্থ :** একটি টেষ্ট টিউবে চিনি লইয়া উহাতে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড দিলে সাদা চিনি কালো কার্বনে পরিণত হয়। চিনির জলীয় কণা সালফিউরিক অ্যাসিড কর্তৃক শোষিত হইয়া এইরূপ হয়। টেষ্টটিউবে কিছুক্ষণ রাখিবার পর ইহার ভিতরের কালো পদার্থ জলে আস্তে আস্তে ঢালা হয়। এইবার ফিলটার

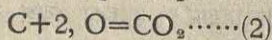
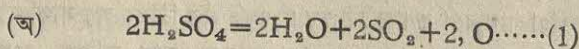
দ্বারা কালো পদার্থ পৃথক করিয়া বাতাসে পুড়াইলে কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হইবে, ইহা স্বচ্ছ চুনজল ঘোলা করে।

$$C_{12}H_{22}O_{11} \xrightarrow[-11H_2O]{H_2SO_4} 12C$$

একটি টেষ্ট টিউবে সামান্য ফরমিক অ্যাসিড লইয়া উহাতে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে কার্বন মনোক্সাইড নির্গত হয়। টেষ্ট টিউবের মূখে একটি জ্বলন্ত কাঠি ধরিলে নির্গত গ্যাস নীল শিখা সহ জ্বলে।

$$HCOOH \xrightarrow[-H_2O]{H_2SO_4} CO$$

(৪) **সালফিউরিক অ্যাসিড একটি জারক দ্রব্য:** একটি ছোট গোলতল পাতন ফ্লাস্কে বিচূর্ণ কার্বন ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড লইয়া উত্তপ্ত করিলে যে গ্যাসীয় পদার্থ পার্শ্বস্থিত নির্গম নল দিয়া বাহির হয় তাহা পর পর দুইটি U-নলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করা হয়। প্রথম U-নলে থাকে অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট দ্রবণ এবং দ্বিতীয় U-নলে স্বচ্ছ চুনজল লওয়া হয়। দেখা যায়, ডাই-ক্রোমেট দ্রবণ সবুজ বর্ণ ধারণ করে এবং স্বচ্ছ চুনজল ঘোলাটে হয়। ইহাতে প্রমাণিত হয় সালফিউরিক অ্যাসিড কার্বনকে কার্বন ডাই-অক্সাইডে জারিত করে এবং নিজে বিজারিত হইয়া সালফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। সালফার ডাই-অক্সাইড অ্যাসিডযুক্ত ডাই-ক্রোমেট দ্রবণে শোষিত হওয়ার পর মুক্ত কার্বন ডাই-অক্সাইড চুনজলের সহিত ক্রিয়া করে। $C+2H_2SO_4=CO_2+2SO_2+2H_2O$.

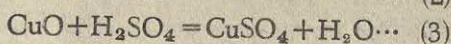
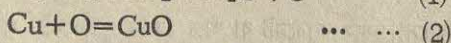
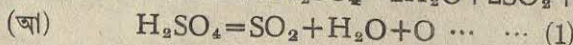
জারণ ক্রিয়াগুলি আংশিক সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ করা যায়। কার্বন, কপার ইত্যাদির জারণ নিম্নরূপ—

(অ) $2H_2SO_4=2H_2O+2SO_2+2, O \cdots\cdots(1)$

$C+2, O=CO_2 \cdots\cdots(2)$

(1) এবং (2) যোগ করিয়া $C+2H_2SO_4=2H_2O+2SO_2+CO_2$

(আ) $H_2SO_4=SO_2+H_2O+O \cdots \cdots (1)$

$Cu+O=CuO \cdots \cdots (2)$

$CuO+H_2SO_4=CuSO_4+H_2O \cdots (3)$

(1), (2) এবং (3) যোগ করিয়া $Cu+2H_2SO_4=SO_2+2H_2O+CuSO_4$

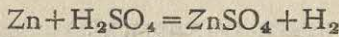
মনে রাখিতে হইবে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড অন্য পদার্থ হইতে জল অণু শোষণ করিতে পারে না, সেইজন্য চিনি বা কপার সালফেট লঘু অ্যাসিডে দিলে কোন পরিবর্তন হইবে না।

কার্বন, সালফার ইত্যাদি ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত হয়। কিন্তু লঘু অ্যাসিডে এই সকল পদার্থের কোন ক্রিয়া নাই। এই সকল পদার্থের সহিত পরীক্ষা করিয়া লঘু সালফিউরিক এবং ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের পার্থক্য বুঝা যাইবে।

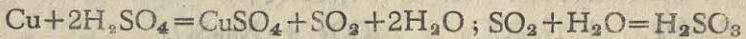
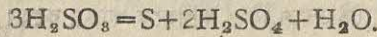
সালফিউরিক অ্যাসিডের উপাদান নির্ণয়ঃ সালফিউরিক অ্যাসিডে হাইড্রোজেন, সালফার ও অক্সিজেন আছে ইহার প্রমাণঃ

অক্সিজেনের অস্তিত্বঃ পরীক্ষার সাহায্যে সালফিউরিক অ্যাসিডের ধর্মের প্রমাণ করিবার সময় উচ্চতাপমাত্রায় ইহার বিযোজন দেখানো হইয়াছে (১ম পরীক্ষা)। এই পরীক্ষাই সালফিউরিক অ্যাসিডে অক্সিজেনের অস্তিত্ব প্রমাণ করে।

হাইড্রোজেনের অস্তিত্বঃ একটি উল্‌ফ বোতলে পাতিত জল লইয়া ইহাতে কয়েকটি জিঙ্কের দানা মিশানো হইলে কোন গ্যাস নির্গত হয় না। ইহাতে সামান্য সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিলে বুদ্‌বুদ্‌ আকারে একটি বর্ণহীন গ্যাস নির্গত হয় এবং উহা যথারীতি জলের অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়। এই গ্যাস হাইড্রোজেনের। কেননা এই গ্যাসে জ্বলন্ত কাঠি ধরিলে গ্যাসটি নীলাভ শিখা সহ জ্বলে।

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

এখানে জিঙ্ক লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন অপসারিত করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিডে হাইড্রোজেনের অস্তিত্ব প্রমাণ করে।

সালফারের অস্তিত্বঃ ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ও তামার কুচি উত্তপ্ত করিলে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। এই গ্যাসকে জলে দ্রবীভূত করিলে সালফিউরাস অ্যাসিড দেয়।

$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O \; ; \; SO_2 + H_2O = H_2SO_3$$

একটি আবদ্ধ নলে সালফিউরাস অ্যাসিড বা সালফার ডাই-অক্সাইডের সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণ লইয়া 150°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে দ্রবণ হইতে হালকা হলুদ বর্ণের কঠিন পদার্থ অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহা ফিলটার করিয়া শুষ্ক করা হয়। এই কঠিন পদার্থ সালফার, কেননা ইহা কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রাব্য। ইহা বায়ুতে পুড়াইলে পোড়া সালফারের গন্ধবিশিষ্ট সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস গঠন করে। ইহা অ্যাসিড-মিশ্রিত কমলা রঙের পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট দ্রবণে সিক্ত কাগজকে সবুজ করে। $3H_2SO_3 = S + 2H_2SO_4 + H_2O.$

ইহা দ্বারা প্রমাণিত হয় যে সালফিউরিক অ্যাসিডে সালফার আছে।

ব্যবহারঃ ল্যাবরেটরী এবং শিল্পের প্রয়োজনে প্রচুর সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়।

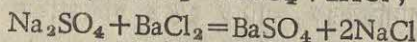
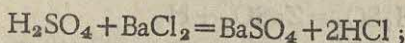
(১) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, নাইট্রিক অ্যাসিড, অস্থিভস্ম হইতে ফসফরিক অ্যাসিড প্রভৃতির শিল্পোৎপাদনে, সুপার ফসফেট, অ্যামোনিয়াম সালফেট প্রভৃতি কৃত্রিম সার উৎপাদনে, নাইট্রোগ্লিসারিন, টি. এন, টি. গানকটন প্রভৃতি বিস্ফোরক পদার্থ তৈয়ারীতে সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়। (২) অ্যালাম ও অন্যান্য ধাতব সালফেট, বহু রকম রঞ্জক, স্টার্চ হইতে গ্লুকোজ প্রস্তুতিতে ইহার ব্যবহার হয়। (৩) পেট্রোলিয়াম শোধনে ও দস্তা লেপনে সালফিউরিক অ্যাসিড লাগে। (৪) ল্যাবরেটরীতে কার্বন মনোক্সাইড, ইথিলীন, ইথার ইত্যাদি তৈয়ারী করিতে, গ্যাসের শুষ্কীকরণে এবং বিকারক হিসাবে ইহা ব্যবহৃত হয়। (৫) ষ্টোরেজ ব্যাটারীতে

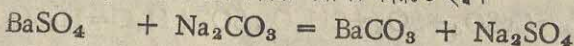
ইহা ব্যবহৃত হয়। (৬) জৈব পদার্থের নাইট্রেশন, সালফোনেশান ইত্যাদি বিক্রিয়ায়ও সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়।

সালফিউরিক অ্যাসিড ও সালফেট লবণ সনাক্তকরণ :

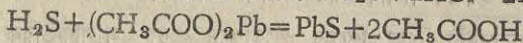
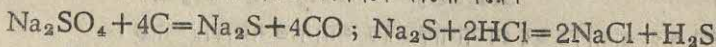
(১) ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত তামার কুচি মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে পোড়া সালফারের ন্যায় তীব্র ঝাঁঝালো গন্ধবিশিষ্ট বর্ণহীন গ্যাস (সালফার ডাই-অক্সাইড) নির্গত হয় যাহা অ্যাসিড-মিশ্রিত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণে সিক্ত কাগজকে সবুজ করে।

(২) সালফিউরিক অ্যাসিডের লঘু দ্রবণে বা সালফেট লবণের জলীয় দ্রবণে বেরিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ মিশাইলে সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে। ইহা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য।

$$H_2SO_4 + BaCl_2 = BaSO_4 + 2HCl \;;$$
$$Na_2SO_4 + BaCl_2 = BaSO_4 + 2NaCl$$

যে সকল সালফেট জলে দ্রবণীয় নয় তাহাদিগকে প্রথমে অতিরিক্ত কঠিন সোডিয়াম কার্বনেটের সহিত মিশাইয়া গলাইয়া লইতে হয় এবং পরে উহাতে পাতিত জল মিশাইয়া ফিলটার করিয়া পরিস্রুত লইয়া উহাতে HCl মিশাইয়া পূর্বের ন্যায় বেরিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ যোগ করিয়া পরীক্ষা করিতে হয়।

$$\underset{\text{অদ্রাব্য সালফেট}}{BaSO_4} + Na_2CO_3 = \underset{\text{অদ্রাব্য}}{BaCO_3} + \underset{\text{দ্রাব্য}}{Na_2SO_4}$$

প্রকৃতপক্ষে সালফেট মূলকের কোন শুষ্ক পরীক্ষা নাই ; তবুও অনেক ক্ষেত্রে নিম্নরূপ পরীক্ষা করা হয়।

সালফেট লবণ একখণ্ড চারকোলের উপর গর্তের মধ্যে রাখিয়া উহা বিজারণশিখায় উত্তপ্ত করা হয়। এই অবশেষকে একটি টেষ্ট টিউবে সামান্য লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডসহ উত্তপ্ত করিলে পচা ডিমের ন্যায় গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস (H_2S) নির্গত হয়, উহা লেড অ্যাসিটেট দ্রবণে সিক্ত কাগজকে কালো করে।

$$Na_2SO_4 + 4C = Na_2S + 4CO \;;\; Na_2S + 2HCl = 2NaCl + H_2S$$
$$H_2S + (CH_3COO)_2Pb = \underset{\text{কালো}}{PbS} + 2CH_3COOH$$

ষষ্ঠ অধ্যায়
অধাতুর হাইড্রাইডসমূহ

[**Syllabus :** Hydrides—Ammonia, Phosphine, Sulphuretted Hydrogen Hydrochloric, Hydrobromic and Hydroiodic Acids.]

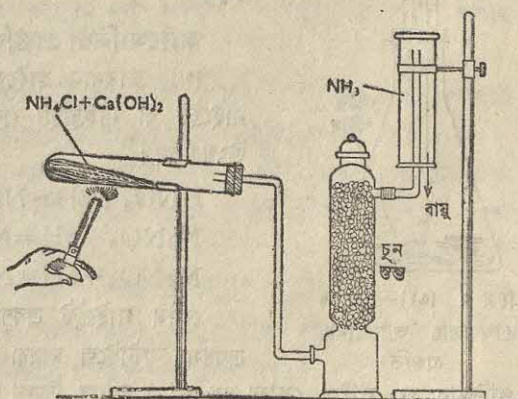
আলোচ্য অধ্যায়ে নাইট্রোজেন, ফসফরাস, সালফার, ক্লোরিন, ব্রোমিন, আয়োডিন প্রভৃতি অধাতুর প্রধান হাইড্রাইডসমূহ আলোচনা করা হইয়াছে। দেখা যায়, পারমাণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে এই সব মৌলের হাইড্রাইডগুলির ক্ষারকীয় ধর্ম কমিতে থাকে।

অ্যামোনিয়া, NH_3

বিজ্ঞানী প্রিস্টলী 1774 খ্রীষ্টাব্দে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও চুন উত্তপ্ত করিয়া অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রস্তুত করেন। প্রিস্টলী ইহার নাম দেন ক্ষারীয় বায়ু (alkaline air)। প্রাচীনকালের রাসায়নিকরা অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডকে বলিতেন স্থল অ্যামোনিয়াক (sal ammoniac)। ভারতবর্ষে ইহা নিশাদল নামে পরিচিত। 1775 খ্রীঃ বিজ্ঞানী বার্থোলো (Berthollet) ইহাকে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনে বিশ্লেষিত করিয়া প্রমাণ করেন যে ইহা এই দুই মৌলিক পদার্থের যৌগ।

প্রস্তুতি : (ক) **ল্যাবরেটরী পদ্ধতি :** ল্যাবরেটরীতে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও প্রায় শুষ্ক কলিচুন অথবা পাথুরে বা পোড়াচুনের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করা হয়। $2NH_4Cl+Ca(OH)_2=2NH_3+CaCl_2+2H_2O$;

$$2NH_4Cl+CaO=2NH_3+CaCl_2+H_2O.$$

কর্কের সাহায্যে বাঁকানো নির্গম নলযুক্ত একটি মোটা শক্ত কাচনলে 1 : 3 ওজন অনুপাতে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও শুষ্ক কলিচুনের উত্তম মিশ্রণ লওয়া হয়। গ্যাস যাহাতে সহজভাবে বাহির হইতে পারে সেইজন্য কাচনলের অর্ধেক খালি রাখা হয়। কাচনলটি স্ট্যাণ্ড ও ক্লাম্পের সাহায্যে সামান্য আনতভাবে আটকাইয়া নির্গম নলের অপর প্রান্ত একটি পাথুরে চুন-স্তম্ভের (lime tower) নিম্নে যুক্ত করা হয়। চুন-স্তম্ভের উপর দিকে আটকানো একটি নির্গম নলের মুখে একটি শুষ্ক গ্যাসজার উপুড় করিয়া রাখা হয়।

চিত্র ২ (৬১)—ল্যাবরেটরীতে অ্যামোনিয়া প্রস্তুতি

অতঃপর কাচনলটি সাবধানে উত্তপ্ত করিলে নির্গম নল দিয়া অ্যামোনিয়া গ্যাস নির্গত হয় এবং পাথুরে চুনের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হওয়ায় উহার জলীয় বাষ্প শোষিত

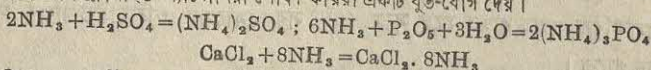
হয়। অ্যামোনিয়া বায়ু অপেক্ষা হাল্কা বলিয়া শুষ্ক গ্যাস বায়ুর নিম্নাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সঞ্চিত হয়।

দ্রষ্টব্য ঃ (১) অ্যামোনিয়া জলে খুব দ্রাব্য বলিয়া জলের অপসারণ দ্বারা ইহা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা অসম্ভব। প্রয়োজনে মার্কারীর অপসারণে ইহা সংগ্রহ করা যায়।

(২) ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড, ফসফরাস পেন্টোক্সাইড বা অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড প্রভৃতি বহুল ব্যবহৃত নিরুদনকারী দ্বারা অ্যামোনিয়া শুষ্ক করা যায় না।

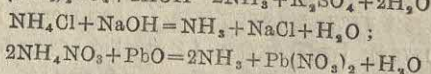
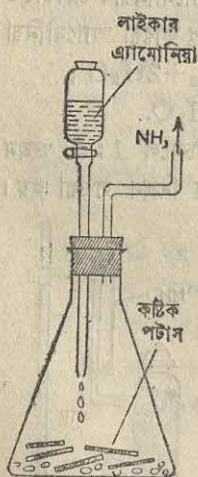
অ্যামোনিয়া ক্ষারীয় পদার্থ বলিয়া সালফিউরিক অ্যাসিড এবং ফসফরাস পেন্টোক্সাইডের (অ্যাসিডীয় অক্সাইড) সহিত বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম সালফেট ও অ্যামোনিয়াম ফসফেট লবণ গঠন করে। আবার অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড অ্যামোনিয়া শোষণ করিয়া একটি যুত-যৌগ দেয়।

$$2NH_3+H_2SO_4=(NH_4)_2SO_4\ ;\ 6NH_3+P_2O_5+3H_2O=2(NH_4)_3PO_4$$

$$CaCl_2+8NH_3=CaCl_2.\ 8NH_3$$

চুন নিজে ক্ষারধর্মী এবং অ্যামোনিয়ার সহিত ক্রিয়াহীন বলিয়া ইহা অ্যামোনিয়া শুষ্ক করিতে ব্যবহৃত হয়।

(৩) যে কোন অ্যামোনিয়াম লবণ ও যে কোন তীব্র ক্ষার বা ক্ষারকীয় অক্সাইড উত্তপ্ত করিয়াও অ্যামোনিয়া পাওয়া সম্ভব। $(NH_4)_2SO_4+2KOH=2NH_3+K_2SO_4+2H_2O$

$$NH_4Cl+NaOH=NH_3+NaCl+H_2O\ ;$$

$$2NH_4NO_3+PbO=2NH_3+Pb(NO_3)_2+H_2O$$

(খ) ল্যাবরেটরীতে সাধারণ উষ্ণতায় অ্যামোনিয়া গ্যাস পাইতে হইলে ইহা অ্যামোনিয়ার গাঢ় জলীয় দ্রবণ বা **লাইকার অ্যামোনিয়া** (liquor ammonia) হইতে প্রস্তুত করা হয়। একটি শঙ্কু কূপীতে কঠিন কষ্টিক সোডা বা কষ্টিক পটাস লইয়া বিন্দুপাতী ফানেল হইতে উহার উপর লাইকার অ্যামোনিয়া ঢালিলে নির্গম নল দিয়া অ্যামোনিয়া বাহির হয়।

চিত্র ২ (৬২)—সাধারণ তাপমাত্রায় অ্যামোনিয়া প্রস্তুতি

অ্যামোনিয়া প্রস্তুতির অন্যান্য পদ্ধতি ঃ

(গ) জায়মান হাইড্রোজেন দ্বারা নাইট্রিক অ্যাসিড, নাইট্রেট বা নাইট্রাইট লবণ বিজারিত করিলে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়।

$$HNO_3+8H=NH_3+3H_2O\ ;$$

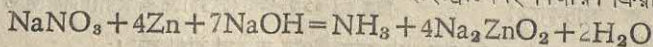
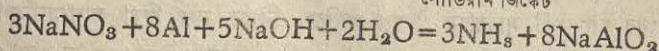
$$NaNO_3+8H=NH_3+NaOH+2H_2O\ ;$$

$$NaNO_2+6H=NH_3+NaOH+H_2O.$$

কোন নাইট্রেট দ্রবণকে বিচূর্ণ জিঙ্ক ও কষ্টিক সোডা দ্রবণসহ ফুটাইলে অথবা নাইট্রেট দ্রবণকে অ্যালুমিনিয়াম পাউডার ও কষ্টিক সোডা সহ আস্তে আস্তে উত্তপ্ত করিলে নাইট্রেট বিজারিত হইয়া অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে। বিক্রিয়াজাত জায়মান হাইড্রোজেনই বিজারণ ক্রিয়া ঘটায়।

$$NaNO_3+4Zn+7NaOH=NH_3+4Na_2ZnO_2+2H_2O$$

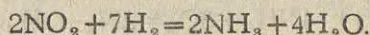
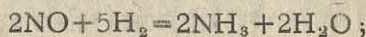
সোডিয়াম জিঙ্কেট

$$3NaNO_3+8Al+5NaOH+2H_2O=3NH_3+8NaAlO_2$$

সোডিয়াম অ্যালুমিনেট

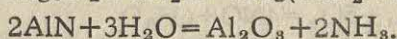
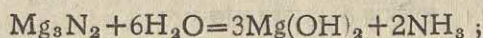
(ঘ) কতকগুলি অ্যামোনিয়াম লবণকে উচ্চ তাপাঙ্কে উত্তপ্ত করিলে অ্যামোনিয়া দেয়। $(NH_4)_2SO_4 = NH_3 + NH_4HSO_4$;

$2(NH_4)_3PO_4 = 6NH_3 + P_2O_5 + 3H_2O$.

(ঙ) নাইট্রাস অক্সাইড ব্যতীত অন্যান্য নাইট্রোজেন-অক্সাইড বা নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প এবং হাইড্রোজেনের মিশ্রণ উত্তপ্ত প্লাটিনাম প্রভাবকের মধ্য দিয়া চালনা করিলে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। $2NO + 5H_2 = 2NH_3 + 2H_2O$;

$2NO_2 + 7H_2 = 2NH_3 + 4H_2O$.

(চ) জল দিয়া কতকগুলি ধাতব নাইট্রাইডকে ফুটাইলে উহারা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া অ্যামোনিয়া দেয়।

$$Mg_3N_2 + 6H_2O = 3Mg(OH)_2 + 2NH_3 ;$$

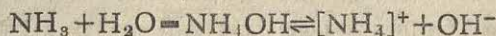
$$2AlN + 3H_2O = Al_2O_3 + 2NH_3.$$

চাপযুক্ত অতি তপ্ত ষ্টীমের প্রভাবে ক্যালসিয়াম সায়ানামাইডকে বিযোজিত করিলে অ্যামোনিয়া পাওয়া যায়। $CaCN_2 + 3H_2O = CaCO_3 + 2NH_3$.

ইহা অ্যামোনিয়ার শিল্পোৎপাদনের পদ্ধতি হিসাবে গণ্য।

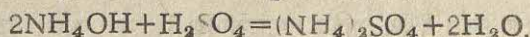
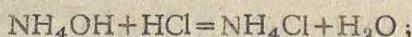
ধর্ম : ভৌত—(১) অ্যামোনিয়া একটি বর্ণহীন, অতি তীব্র ঝাঁঝালো গন্ধ-বিশিষ্ট গ্যাস। ইহাকে সহজেই তরলীকৃত করা যায়। 10°C তাপমাত্রায় ও 6 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে ইহা তরলে পরিণত হয়। সাধারণ চাপে অ্যামোনিয়াকে শীতল করিয়াও (−33·4°C) তরলে পরিণত করা যায়। তরল অ্যামোনিয়া আরো শৈত্য প্রয়োগে (−77·7°C) বরফের ন্যায় কঠিন পদার্থে রূপান্তরিত হয়। (২) ইহা বায়ু অপেক্ষা অনেক হালকা। (৩) অ্যামোনিয়া জলে খুব দ্রাব্য। সাধারণ চাপ ও তাপমাত্রায় 1 আয়তন জলে 1300 আয়তন গ্যাস দ্রবণীয়। অ্যামোনিয়ার গাঢ় জলীয় দ্রবণকে বলা হয় লাইকার অ্যামোনিয়া।

রাসায়নিক : (১) অ্যামোনিয়া একটি স্থায়ী যৌগ। তবে খুব উচ্চ তাপাঙ্কে উপাদান মৌল নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনে বিশ্লিষ্ট হয়। $2NH_3 = N_2 + 3H_2$.

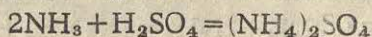
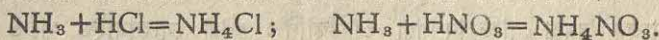
(২) অ্যামোনিয়া **ক্ষারধর্মী পদার্থ**। জলে দ্রবীভূত হইয়া দ্রবণে অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইড নামক ক্ষার গঠন করে যাহা জলীয় দ্রবণে বিশ্লিষ্ট হইয়া $[NH_4]^+$ এবং OH^- আয়ন দেয়। ইহা একটি দুর্বল ক্ষার।

$$NH_3 + H_2O = NH_4OH \rightleftharpoons [NH_4]^+ + OH^-$$

অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইড বা অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ লাল লিটমাসকে নীল করে, বিভিন্ন অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় লবণ ও জল উৎপন্ন করে।

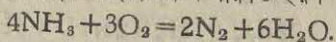
$$NH_4OH + HCl = NH_4Cl + H_2O ;$$

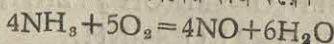
$$2NH_4OH + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4 + 2H_2O.$$

গ্যাসীয় অ্যামোনিয়া ও অ্যাসিড পরস্পর বিক্রিয়ায় লবণ গঠন করে।

$$NH_3 + HCl = NH_4Cl ; \quad NH_3 + HNO_3 = NH_4NO_3.$$

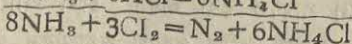
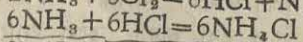
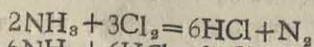
$$2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4$$

অ্যামোনিয়া ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সংযোগমাত্রই সাদা ধোঁয়ার উৎপত্তি হয়। এই ধোঁয়া সূক্ষ্ম কঠিন অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড কণার সমষ্টি। এই বিক্রিয়া দুইটি গ্যাসের সংযোগে কঠিন পদার্থের উৎপত্তির একটি উদাহরণ।

(৩) (অ) অ্যামোনিয়া বায়ুতে **দাহ্য নহে,** অন্য পদার্থের **দহনেরও সহায়ক নয়।** তবে অক্সিজেন গ্যাসে ইহা ঈষৎ হলুদ বর্ণের শিখাসহ জ্বলে! এই প্রজ্বলন কালে অ্যামোনিয়া জারিত হইয়া নাইট্রোজেনে পরিণত হয়।

$$4NH_3+3O_2=2N_2+6H_2O.$$

(আ) বায়ু বা অক্সিজেন এবং অ্যামোনিয়ার মিশ্রণ উত্তপ্ত প্লাটিনাম তারজালির (তাপমাত্রা 500°C—700°C) উপর দিয়া দ্রুত প্রবাহিত করিলে অ্যামোনিয়া নাইট্রিক অক্সাইডে জারিত হয়। প্লাটিনাম প্রভাবকের কাজ করে।

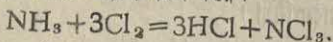
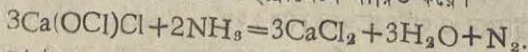
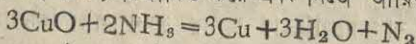
$$4NH_3+5O_2=4NO+6H_2O$$

নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদনে অধুনা এই বিক্রিয়া ব্যবহৃত হয়।

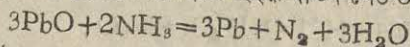
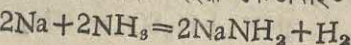
(ই) ক্লোরিন অ্যামোনিয়াকে নাইট্রোজেনে জারিত করে। ইহা ক্লোরিনের সহিত দুই ভাবে বিক্রিয়া করে। অধিক পরিমাণ অ্যামোনিয়ার সহিত ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া জারিত হইয়া নাইট্রোজেন এবং ক্লোরিন বিজারিত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গঠন করে। অতিরিক্ত অ্যামোনিয়া ও উৎপন্ন অ্যাসিডের সংযোগে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

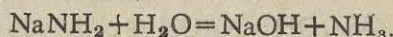
$$\begin{aligned} &2NH_3+3Cl_2=6HCl+N_2 \\ &\underline{6NH_3+6HCl=6NH_4Cl} \\ &8NH_3+3Cl_2=N_2+6NH_4Cl \end{aligned}$$

ক্লোরিনের পরিমাণ অধিক হইলে, অ্যামোনিয়া হইতে উদ্ভূত সদ্যোজাত নাইট্রোজেন ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রোজেন ট্রাইক্লোরাইড (NCl_3) নামক অত্যন্ত বিস্ফোরক হলুদ রঙ-এর তৈলাক্ত পদার্থ গঠন করে।

$$NH_3+3Cl_2=3HCl+NCl_3.$$

ব্লিচিং পাউডার অ্যামোনিয়াকে নাইট্রোজেনে জারিত করে।

$$3Ca(OCl)Cl+2NH_3=3CaCl_2+3H_2O+N_2.$$

(৪) সাধারণ ভাবে অ্যামোনিয়ার **বিজারণ ক্ষমতা নাই।** তবে বিশেষ অবস্থায় ইহার ক্ষীণ বিজারণ ধর্ম প্রকাশ পায়। তীব্রভাবে উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের (কালো) মধ্য দিয়া অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবাহিত করিলে উহা কপার অক্সাইডকে ধাতব কপারে (লাল) বিজারিত করে এবং নিজে জারিত হইয়া নাইট্রোজেনে পরিণত হয়। $3CuO+2NH_3=3Cu+3H_2O+N_2$

লেড মনোক্সাইডও একইভাবে বিজারিত হইয়া ধাতব লেড উৎপন্ন করে।

$$3PbO+2NH_3=3Pb+N_2+3H_2O$$

(৫) অনেক উত্তপ্ত ধাতুর সহিত অ্যামোনিয়া বিক্রিয়া করে। শুষ্ক অ্যামোনিয়া উত্তপ্ত সোডিয়াম (প্রায় 400°C) ধাতুর উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে অ্যামোনিয়ার একটি হাইড্রোজেন পরমাণু সোডিয়াম দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া সোডামাইড গঠিত হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়। $2Na+2NH_3=2NaNH_2+H_2$

সোডামাইড সাদা মোমের ন্যায় কঠিন পদার্থ এবং জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অ্যামোনিয়া ও সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড উৎপন্ন করে।

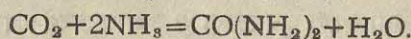
$$NaNH_2+H_2O=NaOH+NH_3.$$

উত্তপ্ত পটাসিয়ামও একইভাবে অ্যামোনিয়ার সহিত বিক্রিয়ায় পটাসামাইড ও হাইড্রোজেন দেয়।

শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাসে ম্যাগনেসিয়াম উত্তপ্ত করিলে ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড (সাদা কঠিন) ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। $3Mg+2NH_3=Mg_3N_2+3H_2$

(৬) অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড, জিঙ্ক ক্লোরাইড প্রভৃতি যৌগ অ্যামোনিয়া শোষণ করিয়া যুত-যৌগ গঠন করে। যথা—$CaCl_2.8NH_3$; $ZnCl_2.8NH_3$।

(৭) বিভিন্ন অবস্থায় অ্যামোনিয়া ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের বিক্রিয়াজাত পদার্থও বিভিন্ন হয়।

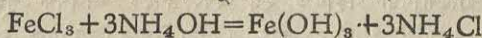
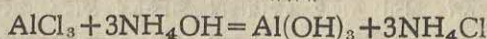
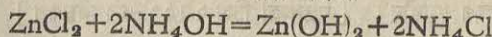
গ্যাসীয় অ্যামোনিয়া ও কার্বন ডাই-অক্সাইড 200°C তাপমাত্রায় ও 150 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে ইউরিয়া নামক একটি কঠিন উৎকৃষ্ট সার উৎপন্ন করে।

$$CO_2+2NH_3=\underset{\text{ইউরিয়া}}{CO(NH_2)_2}+H_2O.$$

জলীয় দ্রবণে অ্যামোনিয়া ও কার্বন ডাই-অক্সাইড অ্যামোনিয়াম কার্বনেট লবণ তৈরী করে। $2NH_3+CO_2+H_2O=(NH_4)_2CO_3.$

(৮) অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ অর্থাৎ অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইড অনেক ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণ হইতে ধাতব হাইড্রোক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত করে। এই ধাতব হাইড্রোক্সাইডগুলির রঙ অনেক সময় ধাতু সনাক্তকরণে সাহায্য করে।

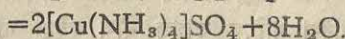
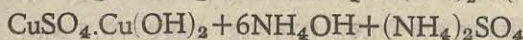
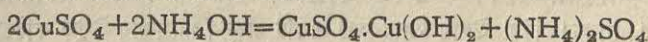
$$FeCl_3+3NH_4OH=\underset{\text{বাদামী}}{Fe(OH)_3}+3NH_4Cl$$

$$AlCl_3+3NH_4OH=\underset{\text{সাদা আঠালো}}{Al(OH)_3}+3NH_4Cl$$

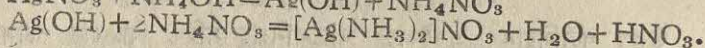
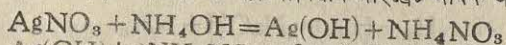
$$ZnCl_2+2NH_4OH=\underset{\text{সাদা}}{Zn(OH)_2}+2NH_4Cl$$

(৯) কোন কোন ধাতব লবণের দ্রবণে অতিরিক্ত অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইড যোগ করিলে জটিল লবণ উৎপন্ন হয়।

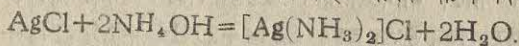
(অ) অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ (NH_4OH) আস্তে আস্তে কপার সালফেটের দ্রবণে মিশাইলে প্রথমে ক্ষারীয় কপার সালফেটের নীলাভ অধঃক্ষেপ পড়ে। কিন্তু অতিরিক্ত অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইডে উহা উৎপন্ন অ্যামোনিয়াম সালফেটের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কিউপ্রো অ্যামোনিয়াম সালফেট নামক জটিল লবণ সৃষ্টি করিয়া দ্রবীভূত হইয়া যায় এবং দ্রবণের বর্ণ গাঢ় নীল হয়।

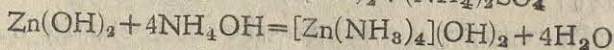
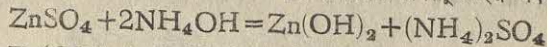
$$2CuSO_4+2NH_4OH=CuSO_4.Cu(OH)_2+(NH_4)_2SO_4$$

$$CuSO_4.Cu(OH)_2+6NH_4OH+(NH_4)_2SO_4$$
$$=2[Cu(NH_3)_4]SO_4+8H_2O.$$

(আ) অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইড সিলভার নাইট্রেট দ্রবণে যোগ করিলে প্রথমে

সিলভার হাইড্রোক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়, যাহা অতিরিক্ত অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইডের উপস্থিতিতে দ্রাব্য হইয়া আর্জেন্টো অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট নামক জটিল লবণের সৃষ্টি করে।

$$AgNO_3 + NH_4OH = Ag(OH) + NH_4NO_3$$
$$Ag(OH) + 2NH_4NO_3 = [Ag(NH_3)_2]NO_3 + H_2O + HNO_3.$$

(ই) জলে অদ্রাব্য ভাসমান সিলভার ক্লোরাইডে অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইড মিশাইলে দ্রাব্য আর্জেন্টো অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড নামক জটিল লবণ গঠিত হয়।

$$AgCl + 2NH_4OH = [Ag(NH_3)_2]Cl + 2H_2O.$$

(ঈ) অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইড প্রথমে জিঙ্ক সালফেট দ্রবণ হইতে জিঙ্ক হাইড্রোক্সাইডের সাদা অধঃক্ষেপ দেয়, তবে উহা অতিরিক্ত অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইডে জিঙ্ক অ্যামিনো হাইড্রোক্সাইড নামক জটিল যৌগ গঠন করিয়া দ্রবীভূত হয় এবং বর্ণহীন দ্রবণ উৎপন্ন করে। $ZnSO_4 + 2NH_4OH = Zn(OH)_2 + (NH_4)_2SO_4$

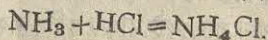
$$Zn(OH)_2 + 4NH_4OH = [Zn(NH_3)_4](OH)_2 + 4H_2O$$

পরীক্ষার সাহায্যে অ্যামোনিয়ার বিশেষ বিশেষ ধর্মের প্রমাণ :

(১) **অ্যামোনিয়া জলে খুব দ্রাব্য ও জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী।**

ফোয়ারা পরীক্ষা (Fountain experiment) দ্বারা উভয় ধর্মই দেখানো যায়।

একটি গোলতল ফ্লাস্ক অ্যামোনিয়া দ্বারা পূর্ণ করিয়া ফ্লাস্কটির মুখে কর্কের মাধ্যমে একটি স্টপকক যুক্ত লম্বা কাচনল লাগানো হয়। ফ্লাস্কটি উপুড় অবস্থায় স্ট্যাণ্ডের সহিত আটকাইয়া কাচনলের বাহিরের প্রান্তটি একটি লাল লিটমাস দ্রবণ যুক্ত জলের পাত্রে ডুবানো থাকে। স্টপকক খোলা অবস্থায় ফ্লাস্কটি ঠাণ্ডা জল দ্বারা শীতল করিলে ইহার অভ্যন্তরের অ্যামোনিয়া সঙ্কুচিত হয় এবং ফ্লাস্কে আংশিক শূন্যতার সৃষ্টি হয়। লাল লিটমাস যুক্ত জল ধীরে ধীরে কাচনল দিয়া উপরে উঠে এবং উপুড় করা ফ্লাস্কের অ্যামোনিয়ার সংস্পর্শে আসা মাত্রই ফোয়ারার আকারে ফ্লাস্কে প্রবেশ করে এবং ইহার বর্ণ পরিবর্তিত হইয়া নীল হয়। ইহাতে প্রমাণিত হয় অ্যামোনিয়া সহজে শীতল জলে দ্রাব্য এবং দ্রবণ ক্ষারীয়। [যন্ত্রসজ্জা চিত্র ২ (৫৭)-এর অনুরূপ]

(২) অ্যামোনিয়া (গ্যাস) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (তরল) বা হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের (গ্যাস) সহিত বিক্রিয়ায় **সহজেই অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড** (কঠিন লবণ) তৈরী করে।

একটি অ্যামোনিয়া পূর্ণ গ্যাসজারের ঢাকনি সামান্য সরাইয়া উহাতে হাইড্রো-ক্লোরিক অ্যাসিডে সিক্ত একটুকরা ফিলটার কাগজ ফেলিলে তৎক্ষণাৎ প্রচুর ধোঁয়ায় গ্যাসজারটি ভর্তি হয়। এই সাদা ধোঁয়া সূক্ষ্ম অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের কণার সমষ্টি। $NH_3 + HCl = NH_4Cl.$

(৩) **অ্যামোনিয়া বায়ু অপেক্ষা হাল্কা।** একটি গ্যাসজার অ্যামোনিয়া দ্বারা পূর্ণ করিয়া ঢাকনা দিয়া উহার উপর অন্য একটি বায়ুপূর্ণ গ্যাসজার উপুড় করিয়া ঢাকনা সরাইয়া দেওয়া হয়। কিছুক্ষণ পরে উপরের গ্যাসজারে একখণ্ড কাগজ লাল লিটমাস দ্রবণে সিক্ত করিয়া ধরিলে কাগজ নীল হইয়া যায়। অথবা ঐ গ্যাসজারের কাছে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ছোট বোতল নিয়া উহার ছিপি খুলিলে অ্যামোনিয়াম

ক্লোরাইডের সাদা ধোঁয়া সৃষ্টি হয়। ইহাতে প্রমাণিত হয় নীচের গ্যাসজারের অ্যামোনিয়া বায়ু অপেক্ষা হাল্‌কা বলিয়া উপরের গ্যাসজারে স্থানান্তরিত হইয়াছে।

(৪) অ্যামোনিয়া বায়ুতে দাহ্য নয়, অন্য পদার্থের দহনেরও সহায়ক নহে। তবে **অক্সিজেনের মধ্যে জ্বালাইয়া দিলে ইহা দহনশীল হইয়া জ্বলে।**

একটি অ্যামোনিয়া পূর্ণ গ্যাসজার উপুড় করিয়া উহাতে একটি জ্বলন্ত শলাকা প্রবেশ করাইলে উহা নিভিয়া যায় এবং গ্যাসও জ্বলে না।

একটি মোটা ব্যাসের কাচের নল লইয়া উহার নীচের মুখটি দুইটি ছিদ্রযুক্ত রবার কর্ক দ্বারা বন্ধ করা হয়। এইবার সমকোণে বাঁকানো দুইটি কাচনল ছিদ্র দুইটির মধ্য দিয়া মোটা নলে প্রবেশ করানো হয়। একটি নল বেশ লম্বা এবং অপরটি ছোট। লম্বা নলটি মোটা নলের প্রায় খোলা মুখ পর্যন্ত পৌঁছায়। ছোট নলটি কর্কের সামান্য উপরে থাকে।

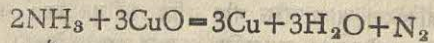
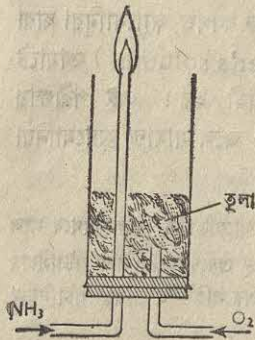
চিত্র ২(৬৩)-অ্যামোনিয়া বায়ু অপেক্ষা হাল্‌কা

ছোট নলটির ভিতরের মুখটি কিছু তুলা দিয়া আলগা ভাবে ঢাকিয়া দেওয়া হয়। ছোট নলটির মধ্য দিয়া শুষ্ক অক্সিজেন প্রবেশ করানো হয় যাহাতে মোটা নল অক্সিজেনে পূর্ণ হয়। এইবার অ্যামোনিয়া গ্যাস লম্বা নল দিয়া প্রবাহিত করিয়া উহার মুখে আগুন ধরাইলে অ্যামোনিয়া হলুদ শিখা সহ জ্বলিতে থাকে।

চিত্র ২(৬৪)-অ্যামোনিয়ার জ্বলন

(৫) **উচ্চ তাপে অ্যামোনিয়া একটি বিজারক দ্রব্য।**

উচ্চ তাপমাত্রায় ইহা কালো কিউপ্রিক অক্সাইডকে ধাতব কপারে বিজারিত করিয়া নিজে নাইট্রোজেনে জারিত হয়।

$$2NH_3 + 3CuO = 3Cu + 3H_2O + N_2$$

একটি শক্ত কাচের দাহ নলে কিছুটা কালো কিউপ্রিক অক্সাইড লওয়া হয়। নলের একমুখে কর্কের সাহায্যে বাঁকানো একটি নির্গম নল আটকানো থাকে এবং অপর মুখে লাগানো কাচনল দিয়া অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবেশ করার ব্যবস্থা করা হয়। এইবার দাহনলের কিউপ্রিক অক্সাইড তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিয়া উত্তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইডের উপর দিয়া শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবেশ করানো হয়। কালো কপার অক্সাইড লাল কপারে পরিণত হয় এবং নির্গম নল দিয়া নির্গত নাইট্রোজেন জলের অপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সঞ্চিত করা হয়। বিক্রিয়াশেষে দাহনলটি ঠাণ্ডা করার পর উৎপন্ন লাল পদার্থটি নাইট্রিক অ্যাসিডে দিলে বাদামী বর্ণের গ্যাস নির্গত হয়। দ্রবণের বর্ণ সবুজ হয়। ইহাতে প্রমাণিত হয় লাল কঠিন পদার্থটি কপার।

গ্যাসজারে সঞ্চিত গ্যাসটি খুবই নিষ্ক্রিয়। উহাতে একটি জ্বলন্ত শলাকা প্রবেশ করাইলে উহা নিভিয়া যায় এবং উত্তপ্ত ম্যাগনেসিয়াম প্রবেশ করাইলে উহা একটি সাদা গুঁড়ার (ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড) সৃষ্টি করে যাহা জলের সহিত ফুটাইলে অ্যামোনিয়া নির্গত করে। ইহাতে প্রমাণিত হয় গ্যাসটি নাইট্রোজেনের।

এই বিক্রিয়া হইতে ইহা স্পষ্টতঃ প্রমাণিত হয় অ্যামোনিয়াতে নাইট্রোজেন আছে।

ব্যবহার : (১) ল্যাবরেটরীতে ক্ষারক হিসাবে, ধাতব মূলকের সিক্তভাবে সনাক্তকরণে ব্যবহৃত হয়। (২) বরফ তৈরীর কারখানায় এবং অন্যান্য শীতলীকরণ কাজে তরল অ্যামোনিয়া খুবই ব্যবহৃত হয়। (৩) সল্‌ভে পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেট, অস্‌ওয়াল্‌ড পদ্ধতিতে নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদনে প্রচুর অ্যামোনিয়ার ব্যবহার হয়। (৪) জমিতে সার হিসাবে ব্যবহৃত ইউরিয়া এবং অ্যামোনিয়াম লবণ যথা; অ্যামোনিয়াম সালফেট, অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট, অ্যামোনিয়াম ফসফেট প্রভৃতি প্রস্তুতিতে অ্যামোনিয়া প্রচুর ব্যবহৃত হয়। (৫) অ্যামোনিয়া ও অ্যামোনিয়াম লবণ ঔষধ হিসাবেও ব্যবহৃত হয়। ইহা স্মেলিং সল্ট [$(NH_4)_2CO_3$ ও অল্প চুনজল বা অন্য ক্ষার মিশাইয়া] প্রস্তুতিতে দরকার হয়। (৬) অ্যামোনিয়ার দ্রবণ দ্বারা ধৌত করিয়া চর্বি জাতীয় পদার্থ দূর করা যায়।

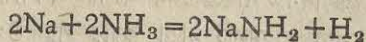
পরিচায়ক পরীক্ষা : (১) ক্ষারীয় ধর্ম এবং বিশিষ্ট ঝাঁঝালো গন্ধ অ্যামোনিয়া চিনিবার একটি উপায়। ইহা হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সংস্পর্শে আসামাত্রই সাদা ধোঁয়ার সৃষ্টি করে। (২) মারকিউরিক নাইট্রেট দ্রবণে সিক্ত কাগজ অ্যামোনিয়া দ্বারা কালো হয়। (৩) অ্যামোনিয়া নেসলার দ্রবণ হইতে (Nessler's solution) তামাটে অধঃক্ষেপ দেয়। অ্যামোনিয়ার পরিমাণ কম হইলে দ্রবণ বাদামী হয়। এই পরীক্ষায় বায়ুতে উপস্থিত অতি সামান্য পরিমাণ অ্যামোনিয়া এবং পানীয় জলে সামান্য অ্যামোনিয়া বা অ্যামোনিয়াম লবণ সনাক্ত করা যায়।

নেসলার দ্রবণ : মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণে পটাসিয়াম আয়োডাইড দিলে প্রথমে লাল মারকিউরিক আয়োডাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহা অতিরিক্ত আয়োডাইড দ্রবণে জটিল লবণ পটাসিয়াম মারকিউরো আয়োডাইড গঠন করিয়া দ্রবীভূত হয়। এই জটিল লবণের সহিত অতিরিক্ত পটাসিয়াম হাইড্রোক্সাইড দ্রবণ যোগ করিয়া নেসলার দ্রবণ তৈরী হয়।

অ্যামোনিয়া নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের যৌগ—ইহার প্রমাণ :

নাইট্রোজেন : উচ্চ তাপে অ্যামোনিয়া একটি বিজারক দ্রব্য পরীক্ষা দ্বারা ইহা প্রমাণের সময় অ্যামোনিয়াতে নাইট্রোজেনের উপস্থিতি প্রমাণ করা হইয়াছে। (৫নং পরীক্ষা)

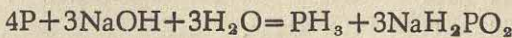
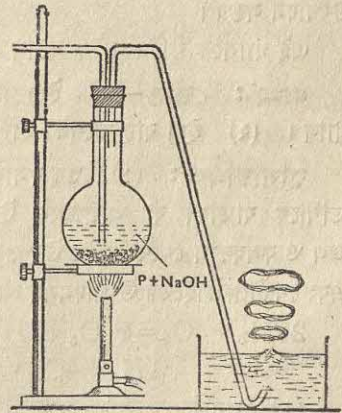
হাইড্রোজেন : উত্তাপে গলিত সোডিয়ামের উপর দিয়া শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবাহিত করিলে হাইড্রোজেন নির্গমন সহ সোডামাইড উৎপন্ন হয়।

$$2Na + 2NH_3 = 2NaNH_2 + H_2$$

একটি শক্ত কাচনলের মধ্যে ধাতব সোডিয়াম রাখা হয়। নলের এক মুখে শুষ্ক অ্যামোনিয়া প্রবেশের জন্য কর্কের সাহায্যে একটি ছোট কাচনল এবং অপর মুখে একটি

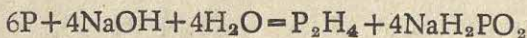
বাঁকানো নির্গম নল আটকানো থাকে। কাচনলে রক্ষিত সোডিয়াম উত্তাপ প্রয়োগে গলাইয়া উহার উপর দিয়া শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবাহিত করিলে নির্গম নল দিয়া যে গ্যাস বাহির হয় তাহা জলের অপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়! এই গ্যাস হাইড্রোজেনের, কেননা ইহাতে একটি জ্বলন্ত শলাকা ধরিলে গ্যাস নীলবর্ণের শিখাসহ জ্বলে। এই পরীক্ষায় প্রমাণিত হয় অ্যামোনিয়াতে হাইড্রোজেন আছে।

ফসফিন, PH_3 বা ফসফোরেটেড হাইড্রোজেন

প্রস্তুতি: (ক) **ল্যাবরেটরী পদ্ধতি:** ল্যাবরেটরীতে সাদা ফসফরাস ও কষ্টিক সোডার (বা কষ্টিক পটাসের) গাঢ় দ্রবণ একত্রে উত্তপ্ত করিলে ফসফিন গ্যাস নির্গত হয় এবং উৎপন্ন সোডিয়াম হাইপো ফসফাইট লবণ দ্রবণে থাকে।

$$4P+3NaOH+3H_2O=PH_3+3NaH_2PO_2$$

একটি কাঁচের ফ্লাস্কে মোটামুটি গাঢ় কষ্টিক সোডার দ্রবণ ও ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কয়েক টুকরা সাদা ফসফরাস লওয়া হয়। ফ্লাস্কের ভিতরে গ্যাস প্রবাহ পাঠাইবার জন্য একটি নল এবং আর একটি নির্গম নল যুক্ত থাকে। প্রথম নলটির শেষ প্রান্ত কষ্টিক সোডা দ্রবণের মধ্যে ডুবানো থাকে। হাইড্রোজেন বা কোলগ্যাসের প্রবাহ পাঠাইয়া ফ্লাস্কের ভিতরের বায়ু বাহির করিয়া দেওয়া হয়। অতঃপর ফ্লাস্কটি ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে ফসফিন গ্যাস উৎপন্ন হয় (সামান্য P_2H_4 সহ) এবং নির্গম নল দিয়া বাহিরে আসে। নির্গম নলের বহিঃপ্রান্তটি জলে ডুবান থাকে। জল হইতে ফসফিন ছোট ছোট বুদ্বুদ আকারে উঠিতে থাকে এবং বায়ুর সংস্পর্শে আসিয়াই জ্বলিয়া উঠে এবং একটি ধেঁায়ার সৃষ্টি হয়। এই ধেঁায়া কুণ্ডলাকারে নীচ হইতে উপরে উঠার সঙ্গে সঙ্গে আয়তনে বড় হইতে থাকে। এই ধেঁায়ার কুণ্ডলী ফসফরাস পেন্টোক্সাইড কণার সমষ্টি এবং ইহা ফসফিনের আবর্ত বলয় (Vortex ring) নামে পরিচিত।

চিত্র ২ (৬৫)-ল্যাবরেটরীতে ফসফিন প্রস্তুতি

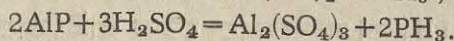
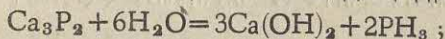
প্রকৃতপক্ষে ফসফিন আপনা হইতে জ্বলে না। উহার সঙ্গে সামান্য পরিমাণে উৎপন্ন P_2H_4 (ফসফরাস ডাই হাইড্রাইড) অত্যন্ত দাহ্য এবং বাতাসের সংস্পর্শে সহজেই জ্বলে। উহার সঙ্গে ফসফিনও জ্বলিতে থাকে। সময় সময় সামান্য হাইড্রোজেনও ইহাতে থাকে।

$$6P+4NaOH+4H_2O=P_2H_4+4NaH_2PO_2$$

সুতরাং এই উৎপন্ন গ্যাস হইতে প্রথমে P_2H_4 অপসারণ করা বিশেষ দরকার। এই গ্যাস মিশ্রণকে হিম-মিশ্রণে ঠাণ্ডা করা একটি U-নলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে

শীতলতায় P_2H_4 ঘনীভূত হইয়া যায় এবং অপরিবর্তিত ফসফিনকে জলের অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

দ্রষ্টব্য: জলীয় কষ্টিক পটাস দ্রবণের পরিবর্তে কষ্টিক পটাসের অ্যালকোহলীয় দ্রবণ ব্যবহার করিলে P_2H_4 অ্যালকোহলে দ্রাব্য হয় এবং ইহাতে বাতাসের সংস্পর্শে স্বতঃ দহন বন্ধ করা যায়।

(খ) ধাতব ফসফাইডের সহিত জল বা অ্যাসিডের বিক্রিয়ায়ও ফসফিন পাওয়া যায়। $Ca_3P_2+6H_2O=3Ca(OH)_2+2PH_3$;

$$2AlP+3H_2SO_4=Al_2(SO_4)_3+2PH_3.$$

(গ) ফসফোনিয়াম অয়োডাইডকে 30% কষ্টিক পটাস দ্রবণে উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ ফসফিন পাওয়া যায়। $PH_4I+KOH=PH_3+KI+H_2O.$

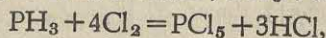
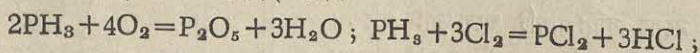
সেইজন্য ল্যাবরেটরীতে উৎপন্ন ফসফিনকে (P_2H_4 এবং H_2 সহ) একটি হাইড্রোজেন আয়োডাইড পূর্ণ গ্যাসজারে প্রবাহিত করিলে কঠিন ফসফোনিয়াম আয়োডাইড গঠিত হয়। $PH_3+HI=PH_4I.$

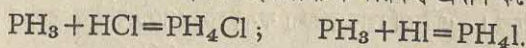
অন্য হাইড্রাইড এবং হাইড্রোজেন অপরিবর্তিত অবস্থায় অপসারণ করা যায় এবং এই কঠিনকে কষ্টিক সোডা বা কষ্টিক পটাস দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ায় বিশুদ্ধ ফসফিন উৎপাদন সম্ভব।

এই গ্যাসকে কঠিন কষ্টিক পটাস এবং ফসফরাস পেন্টোক্সাইড দ্বারা শুষ্ক করা যায়।

ধর্ম: ভৌত—(১) ইহা পচা মাছের ন্যায় দুর্গন্ধযুক্ত একটি বর্ণহীন, বিষাক্ত গ্যাস। (২) ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী এবং জলে ইহার দ্রাব্যতা খুব কম।

রাসায়নিক: (১) বিশুদ্ধ ফসফিন সাধারণতঃ বাতাসে জ্বলে না। কিন্তু 150°C তাপাঙ্কে বাতাসে বা অক্সিজেনে উত্তপ্ত করিলে সামান্য বিস্ফোরণসহ জ্বলিয়া উঠে এবং জল ও ফসফরাস পেন্টোক্সাইড উৎপন্ন হয়। ক্লোরিন গ্যাসেও ইহা ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইড এবং পেন্টাক্লোরাইডের উৎপাদনসহ জ্বলে।

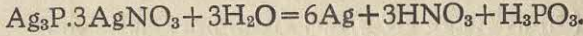
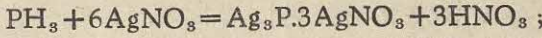
$$2PH_3+4O_2=P_2O_5+3H_2O \; ; \; PH_3+3Cl_2=PCl_3+3HCl \; ;$$
$$PH_3+4Cl_2=PCl_5+3HCl,$$

(২) ফসফিন অতি মৃদু ক্ষারধর্মী পদার্থ। লিটমাসের বর্ণ পরিবর্তন করিতে ইহা অক্ষম। জলে খুব কমই দ্রাব্য, তবে হ্যালোজেন অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় ফসফোনিয়াম লবণ গঠন করে। এই ক্রিয়াই যৌগটির ক্ষারকত্ব প্রমাণ করে।

$$PH_3+HCl=PH_4Cl \; ; \quad PH_3+HI=PH_4I.$$

(৩) উত্তাপে (প্রায় 440°C) বা তড়িৎস্ফুলিঙ্গ দ্বারা ইহা হাইড্রোজেন ও লাল ফসফরাসে বিযোজিত হয়। $2PH_3=2P+3H_2.$

(৪) **ইহা একটি বিজারক দ্রব্য।** ইহা কপার, মার্কারী, সিলভার ইত্যাদি ধাতব লবণের দ্রবণ হইতে ধাতুর ফসফাইড বা ধাতু অধঃক্ষিপ্ত করে। অ্যাসিডযুক্ত কপার সালফেট দ্রবণে এই গ্যাস প্রবাহিত করিলে কপার ফসফাইডের কালো অধঃক্ষেপ পড়ে। $3CuSO_4+2PH_3=Cu_3P_2+3H_2SO_4.$

ইহা সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ায় প্রথমে একটি হলুদবর্ণের যৌগ গঠন করে, যাহা পরে ধাতব সিলভারে পরিণত হয়।

$PH_3 + 6AgNO_3 = Ag_3P.3AgNO_3 + 3HNO_3$;

$Ag_3P.3AgNO_3 + 3H_2O = 6Ag + 3HNO_3 + H_3PO_3$.

(৫) ফসফিন অ্যালুমিনিয়াম ও কপার ক্লোরাইডের সহিত $AlCl_3.\ PH_3$ এবং $CuCl.\ PH_3$ যুত-যৌগ গঠন করে।

পরিচায়ক পরীক্ষা : (1) গ্যাসটি তাহার নিজস্ব পচামাছের গন্ধ হইতে চিনিতে পারা যায়।

(2) গ্যাসটি অ্যাসিডযুক্ত কপার সালফেট বা সিলভার নাইট্রেট দ্রবণে প্রবাহিত করিলে কালো অধঃক্ষেপ দেয়।

অ্যামোনিয়া ও ফসফিনের তুলনা :

অ্যামোনিয়া (NH_3)	ফসফিন (PH_3)
(১) বর্ণহীন, ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত গ্যাসীয় হাইড্রাইড। বিষাক্ত নহে।	(১) বর্ণহীন, পচা মাছের মত দুর্গন্ধ বিশিষ্ট গ্যাসীয় হাইড্রাইড। বিষাক্ত পদার্থ।
(২) বাতাস অপেক্ষা হালকা।	(২) বাতাস অপেক্ষা ভারী।
(৩) জলে খুবই দ্রাব্য। জলীয় দ্রবণে অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইড নামক দুর্বল ক্ষার গঠিত হয়। দ্রবণে লাল লিটমাস নীল বর্ণে পরিণত হয়।	(৩) জলে দ্রাব্যতা খুব কম। অতি সামান্য ক্ষারধর্মী কিন্তু লিটমাসের বর্ণ পরিবর্তন করে না।
(৪) ইহা ক্ষারধর্মী। হাইড্রাসিড ও অক্সি অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম লবণ গঠন করে। $NH_3 + HCl = NH_4Cl$; $2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4$	(৪) ইহা ক্ষীণ ক্ষারধর্মী। হ্যালোজেন হাইড্রাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া ফসফোনিয়াম লবণ গঠন করে। $PH_3 + HCl = PH_4Cl$; $PH_3 + HI = PH_4I$ এইসব লবণ গঠনই ইহার ক্ষারধর্মিতার প্রমাণ।
(৫) অ্যামোনিয়াম লবণ তীব্র ক্ষারসহ (NaOH, KOH ইত্যাদি) উত্তপ্ত করিয়া অ্যামোনিয়া পাওয়া যায়।	(৫) ফসফোনিয়াম আয়োডাইড কষ্টিক সোডা বা কষ্টিক পটাস সহ উত্তপ্ত করিয়া ফসফিন পাওয়া যায়।
(৬) তড়িৎ স্ফুলিঙ্গের উচ্চ তাপমাত্রায় নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন উপাদান মৌলে বিযোজিত হয়। $2NH_3 = N_2 + 3H_2$	(৬) তড়িৎস্ফুলিঙ্গ প্রয়োগে লাল ফসফরাস ও হাইড্রোজেনে বিযোজিত হয়। $2PH_3 = 2P + 3H_2$
(৭) দাহ্য নয়, অপর পদার্থের দহনের সহায়ক নহে। তবে অক্সিজেনে দহনশীল হইয়া হলুদ শিখায় জ্বলে। $4NH_3 + 3O_2 = 2N_2 + 6H_2O$	(৭) দহনের অসহায়ক। বিশুদ্ধ অবস্থায় স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলে না। অবিশুদ্ধ অবস্থায় স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলে। 150°C তাপমাত্রায় অক্সিজেন বা বাতাসে জ্বলে। $2PH_3 + 4O_2 = P_2O_5 + 3H_2O$
(৮) উচ্চ তাপাঙ্কে বিজারণ ধর্ম দেখায়।	(৮) বিজারণ ধর্মের অধিকারী।
(৯) ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়ায় নাইট্রোজেন, নাইট্রোজেন ট্রাইক্লোরাইড, অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড দেয়।	(৯) ক্লোরিনে স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলিয়া ফসফরাস ট্রাই ও পেন্টাক্লোরাইড গঠন করে।
(১০) কতকগুলি ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণ হইতে ধাতুকে হাইড্রোক্সাইড রূপে অধঃক্ষিপ্ত করে। সময় সময় জটিল লবণ গঠন করে।	(১০) কতকগুলি ধাতব লবণের দ্রবণ হইতে ধাতব ফসফাইড বা ধাতু অধঃক্ষিপ্ত করে।

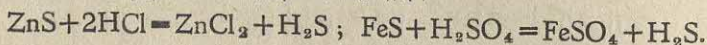
হাইড্রোজেন সালফাইড, H_2S

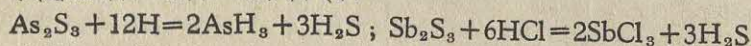
(সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন, হাইড্রোসালফিউরিক অ্যাসিড)

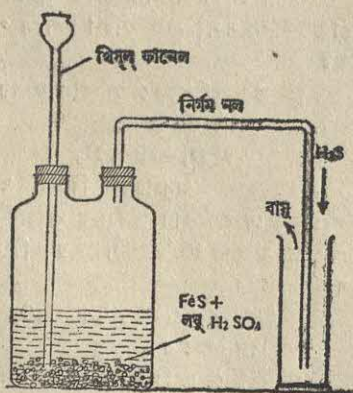
ইহা সালফারের একটি উল্লেখযোগ্য গ্যাসীয় হাইড্রাইড। কোন কোন প্রস্রবণের জলে, আগ্নেয়গিরি হইতে উৎক্ষিপ্ত গ্যাসে ইহা মুক্ত অবস্থায় থাকে। পচনশীল গন্ধকযুক্ত অনেক জৈব পদার্থ হইতে এই গ্যাস নির্গত হয়। এই গ্যাসের উৎপত্তির জন্যই পচা ডিম, মাছ, চামড়া দুর্গন্ধ ছড়ায়।

প্রস্তুতি : (ক) **ধাতব সালফাইড ও অ্যাসিডের বিক্রিয়া হইতে :**

সাধারণতঃ ধাতব সালফাইডের সহিত লঘু সালফিউরিক বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন সালফাইড পাওয়া যায়।

$$ZnS+2HCl=ZnCl_2+H_2S\ ;\ FeS+H_2SO_4=FeSO_4+H_2S.$$

ধাতব সালফাইড হইতে হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুতিতে কোন কোন ক্ষেত্রে জায়মান হাইড্রোজেন (Zn এবং H_2SO_4 হইতে উদ্ভূত) অথবা গাঢ়, উষ্ণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রয়োজন হয়।

$$\underset{\text{আর্সেনিক সালফাইড}}{As_2S_3}+12H=2AsH_3+3H_2S\ ;\ \underset{\text{অ্যান্টিমনি সালফাইড}}{Sb_2S_3}+6HCl=2SbCl_3+3H_2S$$

ল্যাবরেটরী পদ্ধতি : সাধারণ তাপমাত্রায় ফেরাস সালফাইডের সহিত লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড বা লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ল্যাবরেটরীতে হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুত করা হয়। $FeS+H_2SO_4=FeSO_4+H_2S.$

দীর্ঘনাল ফানেল এবং নির্গমনলযুক্ত একটি উল্ফ্ বোতলে কিছুটা ফেরাস সাল-ফাইডের টুকরা লওয়া হয়। দীর্ঘনাল ফানেল দিয়া কিছু জল ঢালিতে হয় যাহাতে ইহার শেষ প্রান্ত জলে ডুবানো থাকে। অতঃপর ইহার মধ্য দিয়া লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড বা লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢালিতে হয়। অ্যাসিড এবং ফেরাস সালফাইডের সংযোগ হওয়া মাত্রই দ্রুত বিক্রিয়া সুরু হয় এবং নির্গম নলের মধ্য দিয়া হাইড্রোজেন সালফাইড বাহির হয়। এই গ্যাস বায়ু অপেক্ষা ভারী বলিয়া বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়। গরম জলের অপসারণ দ্বারাও ইহা সংগৃহীত হইতে পারে।

চিত্র ২ (৬৬)—ল্যবরেটরীতে হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুতি

বিশুদ্ধিকরণ : ফেরাস সালফাইড ও অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় প্রাপ্ত হাইড্রোজেন সালফাইড বিশুদ্ধ নহে। অশুদ্ধি হিসাবে ইহাতে কম বেশী অ্যাসিডের বাষ্প, হাইড্রোজেন (ফেরাস সালফাইডে মৌলাবস্থায় যে আয়রন মিশ্রিত থাকে তাহার সহিত অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উদ্ভূত) এবং জলীয় বাষ্প থাকে। এই গ্যাসকে বিশুদ্ধ

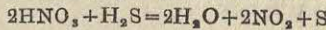
করিতে প্রথমতঃ ইহাকে সোডিয়াম হাইড্রোজেন সালফাইডের সম্পৃক্ত দ্রবণের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া অ্যাসিডমুক্ত করা হয়। $NaHS + HCl = NaCl + H_2S$.

অতঃপর একটি U-নলে রাখা ফসফরাস পেন্টোক্সাইডের মধ্য দিয়া গ্যাসটি চালনা করিয়া জলীয় বাষ্প দূর করার পর কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইড দ্বারা শীতল করিয়া তরলে পরিণত করা হয়। অপরিবর্তিত গ্যাসীয় হাইড্রোজেন পাম্পের সাহায্যে বাহির করিয়া তরল হাইড্রোজেন সালফাইডকে উত্তাপ প্রয়োগে ধীরে ধীরে গ্যাসে পরিণত করা হয় এবং সংগ্রহ করা হয়।

বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুতি : হাইড্রোজেন-বিমুক্ত বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন সালফাইড অ্যান্টিমনি সালফাইড ও গাঢ় উষ্ণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় প্রস্তুত করা হয়। $Sb_2S_3 + 6HCl = 2SbCl_3 + 3H_2S$.

একটি দীর্ঘনাল ফানেল ও নির্গমনলযুক্ত গোলতল ফ্লাস্কের মধ্যে অ্যান্টিমনি সালফাইড লইয়া দীর্ঘনাল ফানেলের মাধ্যমে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢালা হয়। ফানেলের শেষপ্রান্ত যেন অ্যাসিডে অবশ্যই ডুবানো থাকে। ফ্লাস্কটিকে উত্তপ্ত করিলে হাইড্রোজেন সালফাইড নির্গম নল দিয়া বাহির হয়। এই গ্যাস একটি জলপূর্ণ গ্যাস-ধৌতি বোতলের মধ্য দিয়া চালনা করিয়া অ্যাসিড বাষ্প অপসারণ করা হয়। পরে ফসফরাস পেন্টোক্সাইডের দ্বারা শুষ্ক করিয়া বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ দ্বারা শুষ্ক গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।

দ্রষ্টব্য : (১) ধাতব সালফাইড হইতে হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুতিতে নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয় না ; কারণ নাইট্রিক অ্যাসিড ও সালফাইডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন সালফাইড উৎপন্ন হয় বটে, কিন্তু উৎপন্ন হাইড্রোজেন সালফাইড নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত হইয়া সালফারে পরিণত হয়।

$$2HNO_3 + H_2S = 2H_2O + 2NO_2 + S$$

(২) হাইড্রোজেন সালফাইডকে শুষ্ক করিতে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড বা অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ব্যবহার করা হয় না। কারণ, গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস পরস্পর বিক্রিয়া করে। সালফিউরিক অ্যাসিড হাইড্রোজেন সালফাইডকে সালফারে জারিত করে এবং নিজে সালফার ডাই-অক্সাইডে বিজারিত হয়। $H_2SO_4 + H_2S = 2H_2O + SO_2 + S$

সাধারণভাবে গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ও হাইড্রোজেন সালফাইড বিক্রিয়া করিয়া ক্যালসিয়াম সালফাইড এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। সেইজন্য ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড এই গ্যাস শুষ্কীকরণে অনুপযুক্ত। $CaCl_2 + H_2S \rightleftharpoons CaS + 2HCl$

H_2S গ্যাস অনার্দ্র অ্যালুমিনা (Al_2O_3) বা ফসফরাস পেন্টোক্সাইড দ্বারা শুষ্ক করা হয়।

(৩) মার্কারীর অপসারণ দ্বারা এই গ্যাস সংগ্রহ করা হয় না ; কারণ, ইহা মার্কারীর সহিত বিক্রিয়া করে। তবে শুষ্ক, বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন সালফাইড মার্কারীর সহিত ক্রিয়াহীন।

কিপ্ যন্ত্রে হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুতি :

প্রয়োজনমত, নিয়মিত ও অতিরিক্ত পরিমাণ হাইড্রোজেন সালফাইড পাইতে হইলে কিপ্ যন্ত্রে ইহা উৎপাদন করা হয়। কিপ্ যন্ত্রের বর্ণনা ও কার্যপ্রণালী হাইড্রোজেন প্রস্তুতিকালে দেওয়া হইয়াছে। শুধুমাত্র মধ্যগোলকে ফেরাস সালফাইড লইতে হয় এবং উপরের গোলকের ফানেল দিয়া লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালা হয়।

কিপ্স যন্ত্রের নীচের অর্ধগোলকে যে তরল থাকে অথবা ল্যাবরেটরী পদ্ধতিতে

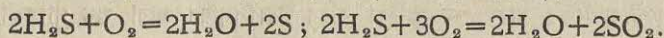
($FeS+H_2SO_4$) ফ্লাস্কে যে তরল থাকে তাহা অবিশুদ্ধ ফেরাস সালফেটের দ্রবণ। এই তরল হইতে বাষ্পীভবন দ্বারা ফেরাস সালফেটের কেলাস ($FeSO_4, 7H_2O$) সংগৃহীত হইতে পারে। ইহাকে হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুতির উপজাত দ্রব্য মনে করা হয়।

(খ) **সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে** সালফার বাষ্প ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণকে বিচূর্ণ নিকেলের (প্রভাবক) উপর দিয়া 450°C অথবা ঝামা পাথরের উপর দিয়া 600°C উষ্ণতায় পরিচালিত করিলে হাইড্রোজেন সালফাইড উৎপন্ন হয়। $H_2+S=H_2S$

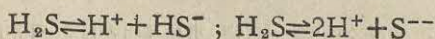
ধর্ম : ভৌত—(১) হাইড্রোজেন সালফাইড বর্ণহীন, পচা ডিমের ন্যায় দুর্গন্ধযুক্ত, শ্বাসরোধী বিষাক্ত গ্যাস। (২) ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী। (৩) ঠাণ্ডা জলে মোটামুটি দ্রাব্য, তবে গরম জলে অদ্রাব্য (৪) শৈত্য ও উচ্চচাপ প্রয়োগে উহাকে সহজেই বর্ণহীন তরলে পরিণত করা যায়।

রাসায়নিক : (১) হাইড্রোজেন সালফাইড নিজে দাহ্য কিন্তু দহনের সহায়ক নহে। অক্সিজেন বা বাতাসে উহা নীল শিখাসহ জ্বলে।

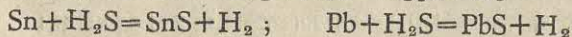
অল্প পরিমাণ অক্সিজেনে পুড়াইলে সালফার ও জল পাওয়া যায়, কিন্তু অতিরিক্ত অক্সিজেনের উপস্থিতিতে সালফার ডাই-অক্সাইড ও জল উৎপন্ন হয়।

$2H_2S+O_2=2H_2O+2S$; $2H_2S+3O_2=2H_2O+2SO_2$.

(২) উচ্চ তাপমাত্রায় বা বিদ্যুৎক্ষরণে উহা উপাদান মৌল হাইড্রোজেন ও সালফারে বিযোজিত হয়। $H_2S \rightleftharpoons H_2+S$.

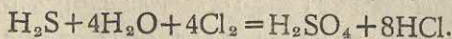
(৩) হাইড্রোজেন সালফাইড একটি **মৃদু দ্বিক্ষারীয় অ্যাসিড**। ইহা জলীয় দ্রবণে নীল লিটমাসকে সামান্য লাল করে।

$$H_2S \rightleftharpoons H^+ + HS^- \text{ ; } H_2S \rightleftharpoons 2H^+ + S^{--}$$

ইহা ধাতু, ক্ষার ও ক্ষারকের সহিত ক্রিয়া করে। ক্ষারীয় পদার্থের সহিত বিক্রিয়ায় দুই প্রকারের লবণ যথা হাইড্রোসালফাইড বা বাই লবণ এবং সালফাইড বা শমিত লবণ দেয়। $NaOH+H_2S=NaHS+H_2O$; $2NaOH+H_2S=Na_2S+2H_2O$

অনেক ধাতুই ইহার সহিত ক্রিয়া করিয়া ধাতব সালফাইড গঠন করে এবং ইহার হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে। $2Ag+H_2S=Ag_2S+H_2$

$$Sn+H_2S=SnS+H_2 \text{ ; } \quad Pb+H_2S=PbS+H_2$$

(৪) **হাইড্রোজেন সালফাইড একটি শক্তিশালী বিজারক দ্রব্য।** ইহাকে ক্লোরিন বা ব্রোমিন, জলে ভাসমান আয়োডিনের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিলে ইহা হালোজেনকে হালোজেন অ্যাসিডে বিজারিত করে এবং নিজে সালফারে জারিত হইয়া অধঃক্ষিপ্ত হয়। $Cl_2+H_2S=2HCl+S$; $I_2+H_2S=2HI+S$

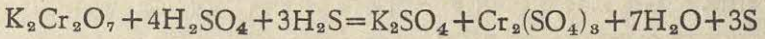
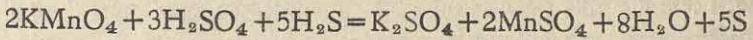
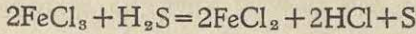
অত্যধিক ক্লোরিন জল ইহাকে সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত করে।

$$H_2S+4H_2O+4Cl_2=H_2SO_4+8HCl.$$

ইহা ফেরিক ক্লোরাইডের (হলুদ বর্ণের) দ্রবণকে বিজারিত করিয়া বর্ণহীন ফেরাস ক্লোরাইডে পরিণত করে। এই বিজারণ ক্রিয়ায় ত্রিযোজী আয়রন দ্বিযোজী আয়রনে

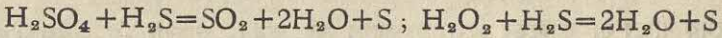
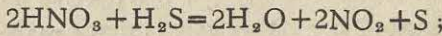
রূপান্তরিত হয়। অ্যাসিড মিশ্রিত পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেটের বেগুনী দ্রবণকে হাইড্রোজেন সালফাইড বিজারিত করিয়া ম্যাঙ্গানাস লবণ উৎপন্ন করে। এখানে সপ্তযোজী ম্যাঙ্গানিজ দ্বিযোজী ম্যাঙ্গানিজে পরিণত হয় এবং দ্রবণ বর্ণহীন হয়। অ্যাসিড মিশ্রিত হলুদ বর্ণের পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণ ইহা দ্বারা বিজারিত হইয়া ক্রোমিক লবণ গঠন করে। এক্ষেত্রে ষড়যোজী ক্রোমিয়াম ত্রিযোজী ক্রোমিয়ামে বিজারিত হয় এবং ইহা নিজে জারিত হইয়া সালফাররূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$2FeCl_3 + H_2S = 2FeCl_2 + 2HCl + S$$

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2S = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5S$$

$$K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 + 3H_2S = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O + 3S$$

ইহা ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড, ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড এবং হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়ায় বিজারণ ধর্ম দেখায়। ইহা ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডকে বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে, ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডকে সালফার ডাই-অক্সাইডে এবং হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডকে জলে বিজারিত করে। বিক্রিয়াকালে নিজে সালফারে জারিত হয়।

$$2HNO_3 + H_2S = 2H_2O + 2NO_2 + S;$$

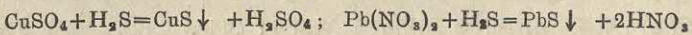
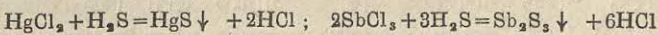
$$H_2SO_4 + H_2S = SO_2 + 2H_2O + S; \quad H_2O_2 + H_2S = 2H_2O + S$$

আর্দ্র সালফার ডাই-অক্সাইড এবং হাইড্রোজেন সালফাইডের ক্রিয়ায় সালফার উৎপন্ন হয়। ইহাও একটি জারণ বিজারণ ক্রিয়া। $SO_2 + 2H_2S = 2H_2O + 3S$

দ্রষ্টব্য : সালফার ডাই-অক্সাইড ও হাইড্রোজেন সালফাইডের বিজারণ ধর্মে সাদৃশ্য দেখা যায়। H_2S-এর ক্ষেত্রে সালফারের অধঃক্ষেপ পড়ে কিন্তু সালফার ডাই-অক্সাইডের ক্ষেত্রে এরূপ অধঃক্ষেপ পড়ে না এবং ইহা জারিত হইয়া সালফিউরিক অ্যাসিড গঠন করে।

(৫) হাইড্রোজেন সালফাইড ও অনেক ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণ বিপরিবর্ত বিক্রিয়ার ফলে ধাতব সালফাইডের অধঃক্ষেপ সৃষ্টি করে :

$CuSO_4 + H_2S = CuS\downarrow + H_2SO_4$; $Pb(NO_3)_2 + H_2S = PbS\downarrow + 2HNO_3$

কালো কালো

$HgCl_2 + H_2S = HgS\downarrow + 2HCl$; $2SbCl_3 + 3H_2S = Sb_2S_3\downarrow + 6HCl$

কালো কমলা

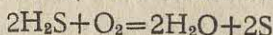
পরীক্ষার সাহায্যে হাইড্রোজেন সালফাইডের কয়েকটি ধর্মের প্রমাণ :

(১) হাইড্রোজেন সালফাইড জলে দ্রাব্য এবং দ্রবণ অম্লজাতীয় :

একটি কাচের পরীক্ষানলকে হাইড্রোজেন সালফাইড দ্বারা পূর্ণ করিয়া উহা একটি জলপাত্রে উপুড় করিয়া রাখিলে জল ধীরে ধীরে পরীক্ষানলের মধ্যে উঠিতে থাকে। এই দ্রবণে একখণ্ড নীল লিটমাস কাগজ ফেলিলে উহা সামান্য লাল হয়। ইহাতে প্রমাণিত হয় ইহা জলে দ্রাব্য এবং দ্রবণ অ্যাসিডধর্মী।

(২) **ইহা দাহ্য পদার্থ কিন্তু দহনে সহায়তা করে না :** হাইড্রোজেন সালফাইডপূর্ণ একটি গ্যাসজারে একটি জ্বলন্ত শলাকা প্রবেশ করাইলে উহা সঙ্গে

সঙ্গে নিভিয়া যায় কিন্তু গ্যাসটি গ্যাসজারের মুখে নীলাভ শিখায় জ্বলিতে থাকে। গ্যাসজারের অভ্যন্তরের দেওয়ালে হলুদ কঠিন সালফার জমা হয়।

$$2H_2S+O_2=2H_2O+2S$$

(৩) **ইহা একটি শক্তিশালী বিজারক দ্রব্য :** তিনটি টেষ্টটিউব লইয়া উহাদের প্রথমটিতে অ্যাসিড মিশ্রিত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ, দ্বিতীয়টিতে অ্যাসিড মিশ্রিত পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট দ্রবণ এবং তৃতীয়টিতে অ্যাসিডযুক্ত ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণ লওয়া হইল। এখন পৃথক ভাবে প্রতি টেষ্টটিউবে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস প্রবেশ করাইলে দেখা যায় প্রথম ক্ষেত্রে বেগুনী বর্ণের পারম্যাঙ্গানেটের দ্রবণ বর্ণহীন হইয়াছে। দ্বিতীয়টিতে কমলা রঙের ডাই-ক্রোমেট দ্রবণ সবুজ বর্ণ ধারণ করে এবং তৃতীয়টির হলুদ বর্ণের ফেরিক ক্লোরাইডের দ্রবণ বর্ণহীন হইয়াছে। তবে প্রতিক্ষেত্রেই সালফারের অধঃক্ষেপ হইবে। (বিক্রিয়ার ব্যাখ্যা ও সমীকরণ হাইড্রোজেন সালফাইডের রাসায়নিক ধর্ম আলোচনা কালে দেওয়া হইয়াছে)।

হাইড্রোজেন সালফাইডের ব্যবহার :

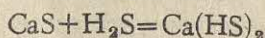
রসায়নাগারে বিজারক হিসাবে হাইড্রোজেন সালফাইডের ব্যবহার খুবই সামান্য। কিন্তু ব্যবহারিক রসায়নে অজৈব লবণের পরীক্ষা ও বিশ্লেষণে ইহার ব্যবহার সর্বাধিক। প্রকৃতপক্ষে অজৈব লবণ বিশ্লেষণে ইহা একটি অপরিহার্য বিকারক (reagent)।

অনেক ধাতব সালফাইডের জলে দ্রবণীয়তা খুব কম। সুতরাং ঐ সকল ধাতুর লবণের দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড প্রবাহিত করিলেই ধাতু সালফাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। অনেক অদ্রাব্য ধাতব সালফাইডের নিজস্ব বিশেষ রঙ আছে। যেমন—

কপার সালফাইড (CuS)—কালো।
মারকুরিক সালফাইড (HgS)—"। ক্যাড্ মিয়াম সালফাইড (CdS)—হলুদ
লেড সালফাইড (PbS)— "। অ্যান্টিমনি সালফাইড (Sb_2S_3)—কমলা
আর্সেনিক সালফাইড (As_2S_3)—হলুদ। জিঙ্ক সালফাইড (ZnS)—সাদা।

ধাতব সালফাইডের বিশিষ্ট রঙ অনেক সময় ধাতুকে সনাক্তকরণে সাহায্য করে।

কতকগুলি ধাতব সালফাইড অ্যাসিডে অদ্রাব্য ; যেমন, CuS, PbS ইত্যাদি। জিঙ্ক সালফাইড, আয়রন সালফাইড প্রভৃতি অ্যাসিডে দ্রাব্য কিন্তু ক্ষার দ্রবণে (NH_4OH+NH_4Cl) অদ্রাব্য। আবার কতকগুলি সালফাইড জলে দ্রবণীয়। অ্যাসিড বা ক্ষারে উহারা অবশ্যই দ্রাব্য—যেমন, Na_2S, K_2S, $(NH_4)_2S$। ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম সালফাইডের জলে দ্রাব্যতা খুব কম বটে কিন্তু হাইড্রোজেন সালফাইডের জলীয় দ্রবণে হাইড্রোসালফাইড গঠন করে বলিয়া দ্রাব্য হয়।

$$CaS+H_2S=Ca(HS)_2$$

সুতরাং লঘু অ্যাসিড, ক্ষার (NH_4OH+NH_4Cl) এবং জলে ধাতব সালফাইডের ভিন্ন ভিন্ন দ্রাব্যতা থাকায় সালফাইডগুলিকে তিনটি শ্রেণীতে ভাগ করা হইয়াছে এবং বিভিন্ন দ্রাব্যতার সাহায্য নিয়া ধাতব লবণের মিশ্রণ হইতে ধাতুগুলিকে সালফাইডরূপে পৃথকীকরণও সম্ভব হয়। যেমন—যদি একটি জলীয়দ্রবণে কপার সালফেট, জিঙ্ক সালফেট এবং সোডিয়াম সালফেট থাকে তাহা হইলে দ্রবণ লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা

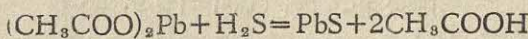
অম্লীকৃত করিয়া H_2S প্রবাহিত করিলে প্রথমে শুধু কপার সালফাইডের কালো অধঃক্ষেপ পড়ে। দ্রবণ ফিলটার করিয়া পরিস্রুত (filtrate) গরম করার পর অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইড যোগ করিয়া পুনরায় H_2S চালনা করিলে জিঙ্ক লবণ সাদা জিঙ্ক সালফাইড রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। পরিস্রুত দ্রবণে সোডিয়াম লবণ দ্রবীভূত অবস্থায় থাকিবে। এইভাবে ধাতব লবণের মিশ্রণ হইতে ধাতুগুলিকে পৃথক করা যায়।

একাধিক সালফাইডের রঙ এক হইলে বিভিন্ন বিকারকের সহিত উহাদের ব্যবহার জানিয়া সনাক্ত এবং পৃথক করা হয়। যেমন HgS এবং CuS উভয়েই কালো বর্ণের। কিন্তু CuS গরম লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবণীয় অথচ HgS দ্রাব্য নয়।

এই প্রসঙ্গে ইহা মনে রাখা দরকার, সালফাইডের অধঃক্ষেপণের সময় দ্রবণের অ্যাসিড, ক্ষার ইত্যাদির গাঢ়তার একটি বিশেষ ভূমিকা আছে।

সুতরাং দেখা যায় হাইড্রোজেন সালফাইড ধাতুর সনাক্তকরণে, ধাতব মিশ্রণ পৃথকীকরণে একটি অত্যাবশ্যক পদার্থ।

পরিচায়ক পরীক্ষা : (i) হাইড্রোজেন সালফাইড উহার নিজস্ব পচা ডিমের ন্যায় গন্ধ হইতেই চিনিতে পারা যায়। (ii) লেড অ্যাসিটেট দ্রবণে সিক্ত কাগজ এই গ্যাসের সংস্পর্শে আসিলেই লেড সালফাইড গঠন করিয়া কালো হয়।

$$(CH_3COO)_2Pb + H_2S = PbS + 2CH_3COOH$$

(iii) গ্যাসটি কষ্টিক সোডার জলীয় দ্রবণে প্রবাহিত করিয়া উহাতে সদ্য প্রস্তুত সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইড দ্রবণ যোগ করিলে দ্রবণের রঙ সুন্দর বেগুনী হয়। (তবে H_2S গ্যাস দ্বারা সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইডের রঙ পরিবর্তন হয় না। NaOH দ্রবণে প্রবাহিত করিয়া Na_2S উৎপন্ন করার পর রঙ পরিবর্তন হয়)। (iv) রৌপ্যমুদ্রা এই গ্যাসের সংস্পর্শে কালো হইয়া যায় (কালো সিলভার সালফাইড গঠন দ্বারা)।

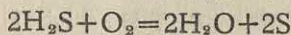
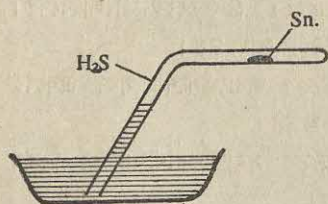
ধাতব সালফাইডের পরিচায়ক পরীক্ষা : শুষ্ক পরীক্ষা—কঠিন ধাতব সালফাইডে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিলে (প্রয়োজন বোধে উত্তপ্ত করিয়া) বুদ্‌বুদ্ আকারে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস নির্গত হয় যাহা লেড অ্যাসিটেট দ্রবণে সিক্ত কাগজকে কালো করে। কোন কোন ধাতব সালফাইড হইতে H_2S উৎপন্ন করিতে জায়মান হাইড্রোজেন ($Zn + H_2SO_4$) প্রয়োজন হয়।

সিক্ত পরীক্ষা : ধাতব সালফাইডের জলীয় দ্রবণ কষ্টিক সোডা দ্বারা ক্ষারীয় করিয়া সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইড দ্রবণ যোগ করিলে সুন্দর বেগুনী বর্ণের দ্রবণ উৎপন্ন হয়।

হাইড্রোজেন সালফাইড সালফার ও হাইড্রোজেনের যৌগ—ইহার প্রমাণ :

সালফার : হাইড্রোজেন সালফাইড পূর্ণ একটি গ্যাসজারে একটি জলন্ত শলাকা প্রবেশ করাইলে উহা তৎক্ষণাৎ নিভিয়া যায় কিন্তু গ্যাসটি নীলাভ শিখায় জলিতে থাকে। গ্যাসজারের ভিতরের গায়ে হলুদ বর্ণের কঠিন পদার্থ জমা হইতে দেখা যায়। এই কঠিন পদার্থ সালফার ইহা পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করা যায়। ইহা বায়ুতে পুড়াইলে পোড়া সালফারের গন্ধবিশিষ্ট শ্বাসরোধী গ্যাস (SO_2) নির্গত হয় এবং এই গ্যাসে

অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট দ্রবণে সিক্ত কাগজ সবুজ বর্ণ ধারণ করে। অতএব এই কঠিন পদার্থ সালফার এবং উহা হাইড্রোজেন সালফাইড হইতে আসিয়াছে।

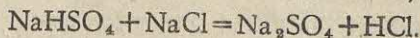
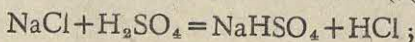
$$2H_2S+O_2=2H_2O+2S$$

হাইড্রোজেন ঃ একটি বাঁকানো নলে পারদের উপর বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হাইড্রোজেন সালফাইড সংগ্রহ করা হয়। নলটির অনুভূমিক অংশে একটুকরা ধাতব টিন রাখিয়া হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাসে উহাকে উত্তপ্ত করা হয়। টিন ও হাইড্রোজেন সালফাইডের বিক্রিয়ার ফলে একটি কঠিন পদার্থ (স্ট্যানাস সালফাইড, SnS) এবং একটি গ্যাসীয় পদার্থ উৎপন্ন হয়। রাসায়নিক পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত হয়, এই গ্যাসটি হাইড্রোজেন। ইহা অক্সিজেনে নীলাভ শিখায় জ্বলিয়া জল উৎপন্ন করে যাহা অনার্দ্র কপার সালফেটকে নীল বর্ণে পরিণত করে। এই পর্যবেক্ষণ হইতে সিদ্ধান্ত করা যায়—হাইড্রোজেন সালফাইডে হাইড্রোজেন বর্তমান। $H_2S+Sn=SnS+H_2$.

চিত্র ২ (৬৭)

হাইড্রোজেন ক্লোরাইড, HCl

1772 খ্রীঃ প্রীস্টলী ইহা প্রথম সামুদ্রিক লবণ হইতে প্রস্তুত করিয়া উহার নাম দেন 'সামুদ্রিক অ্যাসিড' (muriatic acid)। বিজ্ঞানী ডেভি 1810 খ্রীঃ প্রমাণ করেন ইহা হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের যৌগ এবং ইহার নূতন নামকরণ করেন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড। ইহার জলীয় দ্রবণ অ্যাসিডধর্মী বলিয়া দ্রবণকে বলা হয় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড।

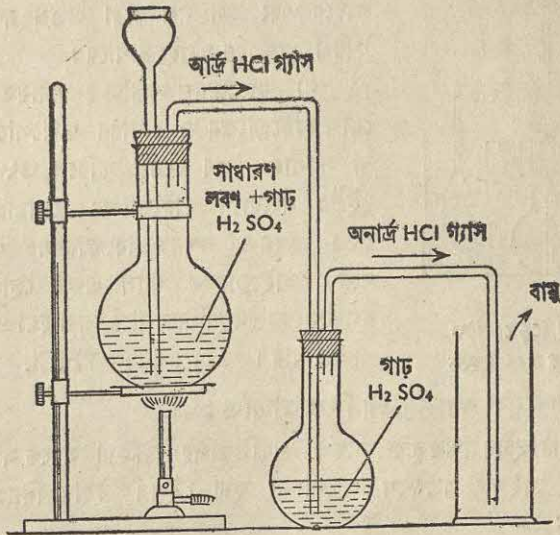
প্রস্তুতি ঃ ধাতব ক্লোরাইড হইতে ঃ

(ক) **ল্যাবরেটরী পদ্ধতি ঃ** ল্যাবরেটরীতে খাদ্য লবণ বা সোডিয়াম ক্লোরাইড ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুত করা হয়। তাপমাত্রা অনুসারে বিক্রিয়াটি দুই ধাপে ঘটে। প্রথমতঃ স্বল্প উত্তাপে (150°C-200°C) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ও সোডিয়াম বাই সালফেট উৎপন্ন হয়। পরে উচ্চ তাপমাত্রায় (500°C-এর উর্ধ্বে) সোডিয়াম ক্লোরাইডের সহিত সোডিয়াম বাই সালফেটের বিক্রিয়ায় সোডিয়াম সালফেট ও আরও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$NaCl+H_2SO_4=NaHSO_4+HCl\ ;$$
$$NaHSO_4+NaCl=Na_2SO_4+HCl.$$

ল্যাবরেটরীতে সাধারণতঃ প্রথম ধাপের তাপমাত্রায়ই বিক্রিয়া ঘটানো হয়।

একটি গোলতল ফ্লাস্কে সোডিয়াম ক্লোরাইড লইয়া কর্কের মাধ্যমে ফ্লাস্কে একটি দীর্ঘনাল ফানেল ও নির্গম নল যুক্ত করা হয়। নির্গম নলের অপর প্রান্ত একটি গ্যাস-ধৌতি ফ্লাস্কে রক্ষিত ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডে ডুবানো হয়। এই ফ্লাস্কে অপর একটি বাঁকানো নির্গম নল যুক্ত করিয়া উহার বহিঃপ্রান্ত একটি শুষ্ক গ্যাসজারের প্রায় নীচ পর্যন্ত প্রবেশ করানো থাকে। ফ্লাস্কটিকে তারজালির উপর বসাইয়া স্ট্যাণ্ডের সহিত আটকানো হয়। দীর্ঘনাল ফানেল দিয়া ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ফ্লাস্কে এমনভাবে ঢালা হয় যাহাতে উহার শেষ প্রান্ত অ্যাসিডে ডুবানো থাকে।

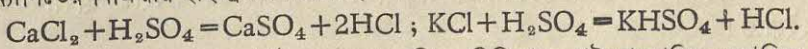
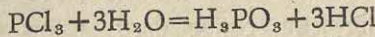
অতঃপর ফ্লাস্কটিকে আস্তে আস্তে উত্তপ্ত করিলে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড নির্গত হয় এবং সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া জলীয় বাষ্প মুক্ত হওয়ার পর বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ দ্বারা শুষ্ক গ্যাসজারে ইহা সংগ্রহ করা হয়।

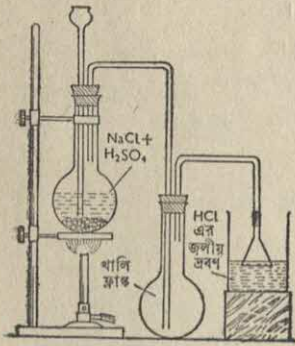
মার্কারীর নিম্নাপসারণ দ্বারাও শুষ্ক গ্যাস সংগ্রহ করা যায়।

চিত্র ২(৬৮)—ল্যাবরেটরীতে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুতি

সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড অধিকতর উদ্বায়ী বলিয়া এই প্রতিস্থাপন প্রক্রিয়া সম্ভব হয়।

দ্রষ্টব্য : (ক) এই গ্যাস ফসফরাস পেন্টোক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করে বলিয়া ফসফরাস পেন্টোক্সাইড দ্বারা ইহা শুষ্ক করা যায় না। $2P_2O_5+3HCl=POCl_3+3HPO_3$

(খ) খাদ্য লবণের পরিবর্তে অন্যান্য ধাতব ক্লোরাইডের সহিত ঘন ও উষ্ণ সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুত করা যায়।

$$CaCl_2+H_2SO_4=CaSO_4+2HCl\ ;\ KCl+H_2SO_4=KHSO_4+HCl.$$

কতকগুলি অধাতব ক্লোরাইড জলের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দেয়। $PCl_3+3H_2O=H_3PO_3+3HCl$

জলীয় দ্রবণ প্রস্তুতি : হাইড্রোজেন ক্লোরাইড জলে খুব দ্রাব্য। সতর্কতার সহিত ইহা জলে শোষণ করিয়া ইহার জলীয় দ্রবণ বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। ল্যাবরেটরী বিক্রিয়ায় ফ্লাস্কের নির্গম নলটি একটি খালি ফ্লাস্কের ভিতর কর্কের সাহায্যে প্রবেশ করানো হয় এবং ফ্লাস্কে আর একটি নির্গম নল যুক্ত করিয়া উহার বহিঃপ্রান্তে একটি ফানেল আটকাইয়া ফানেলটি একটি জলপূর্ণ বীকারের জলের সমতলে রাখা হয়। বিক্রিয়া ফ্লাস্কে উৎপন্ন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড খালি ফ্লাস্কের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইয়া ফানেলের মাধ্যমে জলে দ্রবীভূত হয় এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ তৈরী করে।

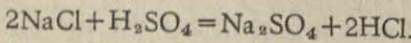
পশ্চাৎ-শোষণের (anti-suction) সম্ভাবনা দূর করিবার জন্য এইরূপ ব্যবস্থা করিতে হয়। জলে ইহার দ্রবণীয়তা অত্যন্ত বেশী। সুতরাং এই গ্যাস বিক্রিয়া ফ্লাস্ক হইতে সরাসরি জলে দ্রবীভূত করিলে উহা খুব তাড়াতাড়ি দ্রবীভূত হইয়া ফ্লাস্কে শূন্যতার সৃষ্টি করিবে এবং জল নল দিয়া উত্তপ্ত ফ্লাস্কে প্রবেশ করিয়া বিস্ফোরণ ঘটাইতে পারে।

চিত্র ২(৬৯)—হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুতি

(গ) **সংশ্লেষণ পদ্ধতি :** সমায়তনে উপাদান মৌল হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন সূর্যালোকে রাখিলে বা গ্যাসীয় মিশ্রণ উত্তপ্ত করিলে তৎক্ষণাৎ গ্যাস দুইটির সংযোগে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। কখনও কখনও বিস্ফোরণসহ এই বিক্রিয়া ঘটে। হাইড্রোজেন গ্যাস একটি ছোট সুঁচালো নলমুখে ক্লোরিনপূর্ণ গ্যাসজারে জ্বালাইয়াও এই গ্যাস পাওয়া যায়। $H_2 + Cl_2 = 2HCl$.

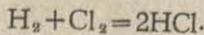
হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের শিল্প প্রস্তুতি :

এই অংশ পাঠ্যসূচীর অন্তর্ভুক্ত নহে। পদ্ধতিগুলির বিক্রিয়া সম্বন্ধে সাধারণ জ্ঞান থাকা দরকার, সেইজন্য সংক্ষেপে আলোচনা করা হইল। ইহার শিল্পপ্রস্তুতি হয় দুইটি পদ্ধতিতে :

(১) **লেঁ ব্ল্যাঙ্ক পদ্ধতি :** সাধারণ লবণ ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে 600°C তাপমাত্রায় ল্যাবরেটরী প্রণালীর ন্যায় প্রায় একই প্রণালীতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন করা হয়।

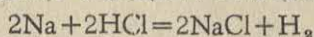
$$2NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HCl.$$

(২) **সংশ্লেষণ পদ্ধতি :** বর্তমানে এই পদ্ধতির ব্যবহার খুবই প্রচলিত। বৈদ্যুতিক প্রণালীতে সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড প্রস্তুতির সময় হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন উপজাত হিসাবে প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায় বলিয়া এই পদ্ধতির ব্যবহার সুবিধাজনক হইয়াছে।

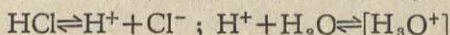
প্রায় সমায়তন হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন একটি সিলিকা-ইষ্টকনির্মিত প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করাইয়া একটি সরু নল হইতে হাইড্রোজেন, ক্লোরিন গ্যাসে প্রজ্বলিত করিলে উভয়ের মধ্যে সংযুক্তি ঘটে এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$H_2 + Cl_2 = 2HCl.$$

হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের ধর্ম : ভৌত : (১) ইহা একটি শ্বাসরোধকারী ঝাঁঝালো গন্ধবিশিষ্ট, বর্ণহীন গ্যাসীয় পদার্থ। ইহা আর্দ্র বাতাসে ধূমায়িত হয়। (২) ইহা বায়ু অপেক্ষা প্রায় 1·3 গুণ ভারী। (৩) ইহাকে সহজেই চাপ ও শৈত্য প্রয়োগে বর্ণহীন তরলে পরিণত করা যায়। (৪) ইহা জলে খুবই দ্রাব্য। অ্যালকোহল, অ্যাসিটিক অ্যাসিড প্রভৃতি জৈব তরলেও ইহা দ্রবণীয়।

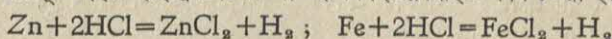
রাসায়নিক : (১) ইহা নিজে দাহ্য নহে, অপর পদার্থের দহনেরও সহায়ক

নহে। তবে ইহাতে জলন্ত সোডিয়াম ধাতু রাখিলে উজ্জ্বল হলুদ শিখাসহ জলিতে থাকে এবং অনার্দ্র সোডিয়াম ক্লোরাইড ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

$$2Na+2HCl=2NaCl+H_2$$

(২) ইহার জলীয় দ্রবণ তীব্র **অম্লধর্মী**। ইহা নীল লিটমাসকে লাল করে। হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বলা হয়। ইহা একটি একক্ষারিক অ্যাসিড। পাতলা জলীয় দ্রবণে ইহা সম্পূর্ণ আয়নিত হইয়া হাইড্রোজেন আয়ন ও ক্লোরাইড আয়ন দেয় এবং তড়িৎ বহনে সক্ষম হয়।

$$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^- \ ; \ H^+ + H_2O \rightleftharpoons [H_3O^+]$$

প্রকৃতপক্ষে H^+ আয়ন হাইড্রোক্সোনিয়াম আয়ন $(H_3O)^+$ গঠন করে। এই অ্যাসিডের লবণকে বলা হয় ক্লোরাইড। যেমন KCl, $ZnCl_2$, $AlCl_3$ ইত্যাদি। লেড, সিলভার এবং মারকিউরাস ক্লোরাইড ব্যতীত সমস্ত ধাতব ক্লোরাইডই জলে দ্রাব্য।

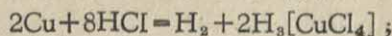
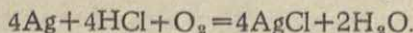
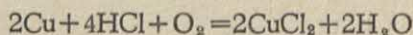
জিঙ্ক, ম্যাগনেসিয়াম, টিন, আয়রন প্রভৃতি ধাতু সাধারণ তাপমাত্রায় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া হাইড্রোজেনের প্রতিস্থাপনসহ ক্লোরাইড লবণ তৈরী হয়।

$$Zn+2HCl=ZnCl_2+H_2 \ ; \quad Fe+2HCl=FeCl_2+H_2$$

তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের উপরে স্থিত ধাতুগুলিই অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপনে সক্ষম হয়।

সাধারণভাবে সিলভার, গোল্ড, মার্কারী হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। কপার ও লেড উষ্ণ ও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়। বাতাসের সংস্পর্শে সিলভার ও কপার অতি ধীরে বিক্রিয়া করে।

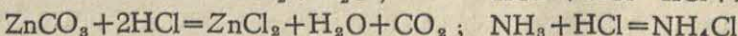
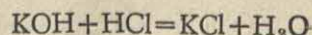
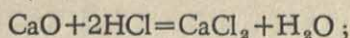
$$2Cu+8HCl=H_2+\underset{\text{জটিল যৌগ}}{2H_3[CuCl_4]} \ ;$$

$$2Cu+4HCl+O_2=2CuCl_2+2H_2O$$

$$4Ag+4HCl+O_2=4AgCl+2H_2O.$$

গোল্ড বা প্লাটিনাম ধাতু ইহার সহিত ক্রিয়া করে না। তরল হাইড্রোজেন ক্লোরাইড তড়িৎ পরিবহণে অক্ষম, জলের উপস্থিতি ব্যতীত ধাতু বা লিটমাসের উপর ক্রিয়াহীন। অবশ্য ধাতব অ্যালুমিনিয়াম তরল হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে দ্রাব্য।

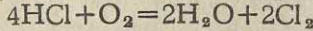
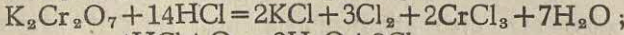
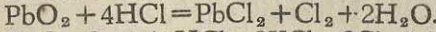
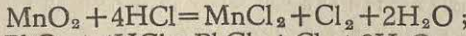
ইহার জলীয় দ্রবণ ধাতব অক্সাইড, হাইড্রোক্সাইডের সহিত ক্রিয়া করিয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করে। কার্বনেটের সহিত বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত করে। অ্যামোনিয়া গ্যাস বা অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড গঠন করে।

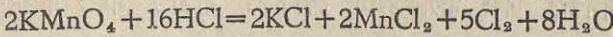
$$CaO+2HCl=CaCl_2+H_2O \ ; \qquad KOH+HCl=KCl+H_2O$$

$$ZnCO_3+2HCl=ZnCl_2+H_2O+CO_2 \ ; \quad NH_3+HCl=NH_4Cl$$

দ্রষ্টব্য : হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের লঘু দ্রবণকে পাতিত করিলে প্রথমে জলীয় বাষ্প দূর হইতে থাকে এবং দ্রবণের গাঢ়ত্ব বাড়ে, কিন্তু গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণ পাতনের ফলে প্রথমে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস দূরীভূত হয় এবং অ্যাসিডের ঘনত্ব কমে। এইভাবে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের (লঘু বা

গাঢ়) দ্রবণকে পাতিত করিতে থাকিলে উহার গাঢ়ত্ব বাড়িয়া বা কমিয়া উহাতে মোট ওজনের শতকরা 20·2 ভাগ HCl থাকিবে। এই দ্রবণকে পাতিত করিলে উহা একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় (110°C) সমগ্রভাবে পাতিত হয়।

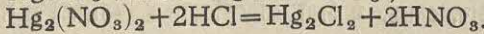
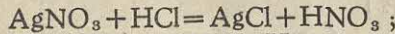
(৩) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড সহজে জারিত হইয়া ক্লোরিনে পরিণত হয়। ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড, লেড ডাই-অক্সাইড, পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট প্রভৃতি জারক দ্রব্য উত্তপ্ত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে ক্লোরিনে জারিত করে। উত্তপ্ত কপার ক্লোরাইড অনুঘটকের উপস্থিতিতে বায়ু বা অক্সিজেন অ্যাসিড বাষ্পকে ক্লোরিনে রূপান্তরিত করে।

$$MnO_2+4HCl=MnCl_2+Cl_2+2H_2O\ ;$$
$$PbO_2+4HCl=PbCl_2+Cl_2+2H_2O.$$
$$K_2Cr_2O_7+14HCl=2KCl+3Cl_2+2CrCl_3+7H_2O\ ;$$
$$4HCl+O_2=2H_2O+2Cl_2$$

পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেট সাধারণ তাপমাত্রায় এই জারণক্রিয়া সম্পন্ন করে।

$$2KMnO_4+16HCl=2KCl+2MnCl_2+5Cl_2+8H_2O$$

গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা ইহা জারিত হয় না।

(৪) লেড, সিলভার ও মারকিউরাস লবণের জলীয় দ্রবণে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (বা ক্লোরাইড লবণের দ্রবণ) মিশাইলে ঐ সকল ধাতুর অদ্রাব্য, সাদা ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। $Pb(NO_3)_2+2HCl=PbCl_2+2HNO_3$

লেড ক্লোরাইড গরম জলে দ্রাব্য।

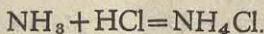
$$AgNO_3+HCl=AgCl+HNO_3\ ;$$
$$Hg_2(NO_3)_2+2HCl=Hg_2Cl_2+2HNO_3.$$

(৫) 3 ঃ 1 আয়তনিক অনুপাতে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের মিশ্রণকে বলা হয় অম্লরাজ (Aqua regia)। ইহা গোল্ড, প্লাটিনাম প্রভৃতি ধাতুকেও দ্রবীভূত করিতে সক্ষম।

(৬) ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে তড়িৎবিশ্লেষণ করিলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন এবং অ্যানোডে ক্লোরিন নির্গত হয়।

পরীক্ষা দ্বারা হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের কয়েকটি ধর্মের প্রমাণ :

(১) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড দাহ্য নয় বা অন্য পদার্থের দহনে সাহায্য করে না। হাইড্রোজেন ক্লোরাইডপূর্ণ গ্যাসজারে একটি জ্বলন্ত শলাকা প্রবেশ করাইলে দেখা যায় গ্যাসটি জ্বলে না এবং জ্বলন্ত শলাকাও নিভিয়া যায়।

(২) ইহা জলে খুব দ্রাব্য এবং জলীয় দ্রবণ অ্যাসিডধর্মী। জলের দ্রবণীয়তা ও অ্যাসিডধর্মিতা ফোয়ারা পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করা যায়। এই পরীক্ষা সালফার ডাই-অক্সাইডের এইরূপ ধর্ম প্রমাণের পরীক্ষার অনুরূপ; শুধু গোলতল ফ্লাস্কটি সালফার ডাই-অক্সাইডের পরিবর্তে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড দ্বারা পূর্ণ করা হয়।

(৩) (অ) ইহা গ্যাসীয় অ্যামোনিয়ার সহিত বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড গঠন করে। একটি কাচদণ্ড ঘন অ্যামোনিয়া দ্রবণ বা লাইকার অ্যামোনিয়াতে সিক্ত করিয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড পূর্ণ একটি গ্যাসজারের কাছে আনিলেই সঙ্গে সঙ্গে বিক্রিয়া হইয়া সাদা ধোঁয়ার সৃষ্টি হয়। এই ধোঁয়া কঠিন অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সূক্ষ্মকণার সমষ্টি। $NH_3+HCl=NH_4Cl.$

(আ) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ধাতব কার্বনেট হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত করে। একটি টেষ্ট টিউবে কিছুটা ক্যালসিয়াম কার্বনেট লইয়া উহাতে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করিলেই বুদ্‌বুদ্ আকারে একটি বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাস বাহির হইতে থাকে। এই গ্যাসকে চুনের জলে প্রবাহিত করিলে চুনজল ঘোলাটে হইয়া যায়। এই পরীক্ষা প্রমাণ করে যে উদ্ভূত গ্যাস কার্বন ডাই-অক্সাইডের।

(ই) জিঙ্ক, ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতি ধাতু লঘু অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় এবং হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে। একটি টেষ্ট টিউবে খানিকটা লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড লইয়া উহাতে ধাতব জিঙ্কের টুকরা যোগ করিলে বুদ্‌বুদ্ আকারে একটি বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাস নির্গত হইতে থাকে। উৎপন্ন গ্যাস জ্বালাইলে ইহা নীলবর্ণের শিখাসহ জ্বলিতে থাকে। ইহাতে প্রমাণিত হয় উদ্ভূত গ্যাস হাইড্রোজেনের।

(৪) ইহা জারক দ্রব্য দ্বারা ক্লোরিনে জারিত হয়। একটি শক্ত কাচনলে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড লইয়া কর্কের দ্বারা দুইদিকে দুইটি সরু নল যুক্ত করা হয়। এখন ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড উত্তপ্ত করিয়া একটি নল দিয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রবেশ করানো হয়। দেখা যায়, অপর নল দিয়া একটি সবুজাভ হলুদ বর্ণের গ্যাস নির্গত হইতেছে। এই নির্গত গ্যাসে স্টার্চ পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে সিক্ত একটুকরা কাগজ ধরিলে উহা নীল বর্ণ ধারণ করে। এই পরীক্ষা প্রমাণ করে যে, উত্তপ্ত ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড হাইড্রোজেন ক্লোরাইডকে জারিত করিয়া ক্লোরিন গ্যাস উৎপন্ন করিয়াছে। ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের পরিবর্তে পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট কেলাস ব্যবহার করিয়াও ক্লোরিন উৎপন্ন করা যাইতে পারে।

ব্যবহার ঃ (১) ল্যাবরেটরীতে ও শিল্পে ইহা প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। ব্যবহারিক দিক হইতে বিবেচনায় বিভিন্ন শিল্পে সালফিউরিক অ্যাসিডের পরই ইহার স্থান। (২) বিভিন্ন ধাতব ক্লোরাইড ও ক্লোরিন প্রস্তুতিতে ইহা সর্বদাই ব্যবহৃত হয়। (৩) ঔষধ হিসাবে এবং রঞ্জনশিল্পে ইহার ব্যবহার আছে। (৪) লোহার উপর টিন ও জিঙ্কের প্রলেপ দেওয়ার পূর্বে লোহার উপর অক্সাইডের আস্তরণ দূর করিয়া লোহা পরিষ্কার করিতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়। (৫) স্টার্চ হইতে গ্লুকোজের পণ্যোৎপাদনে এবং নাইট্রিক অ্যাসিড ও ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশ্রণ (aqua regia) স্বর্ণ, প্লাটিনাম প্রভৃতি বরধাতু দ্রবীভূত করার জন্য ব্যবহার করা হয়।

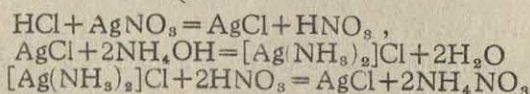
সনাক্তকরণ ঃ (১) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড এবং অ্যামোনিয়া গ্যাস পরস্পরের সংস্পর্শে আসিলেই অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সাদা ধোঁয়ার সৃষ্টি হয়।

(২) ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডসহ উত্তপ্ত করিলে সবুজ আভাযুক্ত হলুদ বর্ণের ক্লোরিন গ্যাস নির্গত হয়। ইহা স্টার্চ পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে সিক্ত কাগজকে নীল করে।

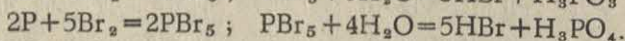
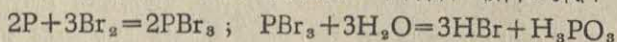
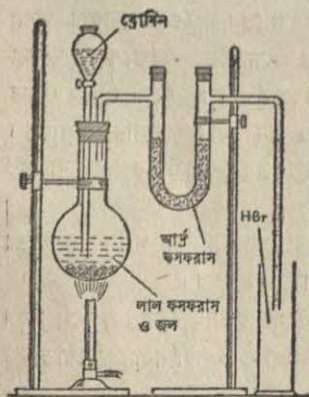
ক্লোরাইড লবণকেও এই পরীক্ষা দ্বারা সনাক্ত করা হয়; তবে ক্লোরাইড লবণকে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডসহ উত্তপ্ত করিতে হয়।

(৩) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণে (বা জলে দ্রাব্য কোন ধাতব ক্লোরাইডের

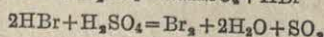
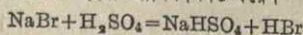
দ্রবণে) সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করিলে তৎক্ষণাৎ সাদা দই-এর মত থকথকে সিলভার ক্লোরাইডের অধঃক্ষেপ পড়ে। এই অধঃক্ষেপ নাইট্রিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য, তবে অ্যামোনিয়াতে জটিল লবণ গঠন করিয়া সহজে দ্রাব্য হয়। এই দ্রবণে পুনরায় নাইট্রিক অ্যাসিড মিশাইলে সাদা অধঃক্ষেপ পুনরায় দেখা দেয়।

$$HCl+AgNO_3=AgCl+HNO_3\ ,$$
$$AgCl+2NH_4OH=[Ag(NH_3)_2]Cl+2H_2O$$
$$[Ag(NH_3)_2]Cl+2HNO_3=AgCl+2NH_4NO_3$$

হাইড্রোজেন ব্রোমাইড, HBr

প্রস্তুতি : (ক) ল্যাবরেটরী পদ্ধতি : লাল ফসফরাস, ব্রোমিন ও জলের বিক্রিয়ায় ল্যাবরেটরীতে হাইড্রোজেন ব্রোমাইড প্রস্তুত করা হয়। লাল ফসফরাস ও ব্রোমিনের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন ফসফরাস ট্রাই ও পেন্টা-ব্রোমাইড আর্দ্র বিশ্লেষিত হইয়া হাইড্রোজেন ব্রোমাইড নির্গত করে এবং ফসফরাস ও ফসফরিক অ্যাসিড দেয়।

$$2P+3Br_2=2PBr_3\ ;\quad PBr_3+3H_2O=3HBr+H_3PO_3$$
$$2P+5Br_2=2PBr_5\ ;\quad PBr_5+4H_2O=5HBr+H_3PO_4.$$

একটি বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গম নলযুক্ত গোলতল ফ্লাস্কে কিছু লাল ফসফরাস ও উহার প্রায় দ্বিগুণ পরিমাণ জল লওয়া হয়। অতঃপর বিন্দুপাতী ফানেল হইতে সাবধানে ফোঁটা ফোঁটা ব্রোমিন ফ্লাস্কে ঢালা হয়। তীব্র বিক্রিয়ার ফলে সঙ্গে সঙ্গে হাইড্রোজেন ব্রোমাইড গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং নির্গম নল দিয়া বাহির হইতে থাকে। বিক্রিয়ার শেষ পর্যায়ে ফ্লাস্কটিকে সামান্য উত্তপ্ত করা হয়। নির্গত গ্যাসে কিছু ব্রোমিন ও জলীয় বাষ্প থাকে। এই গ্যাসকে প্রথমে একটি সামান্য আর্দ্র লাল ফসফরাস ও কাঁচের টুকরা দ্বারা পূর্ণ U-নলের মধ্য দিয়া এবং পরে একটি অনার্দ্র $CaCl_2$ (অথবা $CaBr_2$) রাখা বাল্বের মধ্য দিয়া চালনা করা হয় (চিত্রে বাল্ব দেখানো হয় নাই)। লাল ফসফরাস ব্রোমিনকে এবং $CaCl_2$ জলীয় বাষ্পকে শোষিত করে। এই গ্যাস বায়ু অপেক্ষা ভারী বলিয়া বিশুদ্ধ ও শুষ্ক গ্যাস বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ দ্বারা শুষ্ক গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়। মার্কারীর অপসারণ দ্বারাও ইহা সংগ্রহ করা সম্ভব।

চিত্র ২(৭০)—ল্যাবরেটরীতে হাইড্রোজেন ব্রোমাইড প্রস্তুতি

দ্রষ্টব্য : হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুতির অনুরূপভাবে কোন ব্রোমাইড ও উত্তপ্ত সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ব্রোমাইড প্রস্তুত করা যায় না, কারণ, প্রথম পর্যায়ে উৎপন্ন হাইড্রোজেন ব্রোমাইড দ্বিতীয় পর্যায়ে সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত হইয়া ব্রোমিন নির্গত করে।

$$NaBr+H_2SO_4=NaHSO_4+HBr$$
$$2HBr+H_2SO_4=Br_2+2H_2O+SO_2$$

(খ) **সংশ্লেষণ পদ্ধতি :** গ্যাসীয় হাইড্রোজেন ও ব্রোমিন প্রখর সূর্যালোকেও

বিক্রিয়া করে না। তবে গ্যাসমিশ্রণ 200°C তাপমাত্রায় প্লাটিনাম অনুঘটকের সংস্পর্শে বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন ব্রোমাইড উৎপন্ন করে। $H_2 + Br_2 = 2HBr$.

হাইড্রোজেন ব্রোমাইডের জলীয় দ্রবণ বা হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড প্রস্তুতি: হাইড্রোজেন ব্রোমাইড গ্যাস জলে দ্রবীভূত করিয়া জলীয় দ্রবণ (হাইড্রো-ব্রোমিক অ্যাসিড) প্রস্তুত করা হয়। ল্যাবরেটরী পদ্ধতিতে ব্যবহৃত ফ্লাস্কের নির্গম নলের মুখে একটি ফানেল যুক্ত করিয়া উহাকে জলপূর্ণ বীকারের জলের সমতলে রাখা হয়। নির্গত গ্যাস সহজে জলে দ্রবীভূত হইয়া জলীয় দ্রবণ দেয়।

ধর্ম: ভৌত—(১) ইহা তীব্র ঝাঁঝালো গন্ধবিশিষ্ট গ্যাস, সিক্ত বাতাসে ধূমায়িত হয়। (২) ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী।

রাসায়নিক: (১) হাইড্রোজেন ব্রোমাইডকে 800°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে উহা ব্রোমিন ও হাইড্রোজেন উপাদান মৌলে বিযোজিত হয়। $2HBr \rightleftharpoons H_2 + Br_2$. (২) ইহা দাহ্য নয় এবং দহনে সহায়তা করে না। (৩) হাইড্রোজেন ব্রোমাইড জলে খুব দ্রাব্য এবং জলীয় দ্রবণ তীব্র অ্যাসিডধর্মী। ইহার জলীয় বর্ণহীন দ্রবণকেই হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড বলা হয়। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অপেক্ষা ইহার স্থায়িত্ব কম। জলীয় দ্রবণ সূর্যালোকে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা ব্রোমিনে জারিত হইয়া যায়। $4HBr + O_2 = 2H_2O + 2Br_2$. ইহার লবণকে বলা হয় ব্রোমাইড। যেমন পটাসিয়াম ব্রোমাইড (KBr), জিঙ্ক ব্রোমাইড ($ZnBr_2$) ইত্যাদি। $AgBr$, $PbBr_2$ এবং Hg_2Br_2 ছাড়া সমস্ত ধাতব ব্রোমাইড জলে দ্রাব্য।

হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড একক্ষারিক অ্যাসিড। ইহার জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাস দ্রবণকে লাল বর্ণে রূপান্তরিত করে। ইহা কতকগুলি ধাতুর সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন, কার্বনেট ও বাইকার্বনেট হইতে কার্বন-ডাই-অক্সাইড দেয় এবং ক্ষারকের সহিত ক্রিয়ায় লবণ ও জল গঠন করিয়া অ্যাসিডের ধর্ম প্রকাশ করে। পটাসিয়াম ধাতু খুব দ্রুত হাইড্রোজেন নির্গত করে। $2K + 2HBr = 2KBr + H_2$;

$$Zn + 2HBr = ZnBr_2 + H_2 \; ; \quad K_2CO_3 + 2HBr = 2KBr + CO_2 + H_2O \; ;$$
$$Ca(OH)_2 + 2HBr = CaBr_2 + 2H_2O$$

(৪) ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড, পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেট, সালফিউরিক অ্যাসিড, ক্লোরিন ইত্যাদি জারক দ্রব্য দ্বারা ইহা জারিত হইয়া ব্রোমিন উৎপন্ন করে।

$$2HBr + H_2SO_4 = Br_2 + 2H_2O + SO_2 \; ; \; 2HBr + Cl_2 = 2HCl + Br_2$$

উপরের সমীকরণ হইতে দেখা যায় যে, সালফিউরিক অ্যাসিড হাইড্রোজেন ব্রোমাইডকে জারণক্রিয়া দ্বারা ব্রোমিনে পরিণত করিয়াছে এবং নিজে সালফার ডাইঅক্সাইডে বিজারিত হইয়াছে। ক্লোরিন ও হাইড্রোজেন ব্রোমাইডের ক্রিয়ায় ক্লোরিন হাইড্রোজেন ব্রোমাইডকে ব্রোমিনে জারিত করিয়া নিজে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে বিজারিত হইয়াছে।

হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড ও ধাতব ব্রোমাইডের পরিচায়ক পরীক্ষা

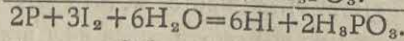
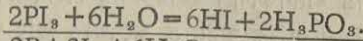
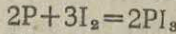
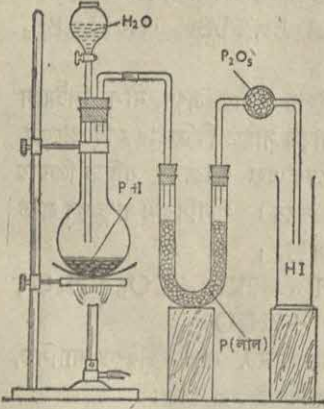
(১) হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড বা ধাতব ব্রোমাইডকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে উত্তপ্ত করিলে ব্রোমিনের লাল বাষ্প নির্গত হয়। নির্গত গ্যাসে পটাসিয়াম আয়োডাইড ও স্টার্চ দ্রবণে সিক্ত কাগজ ধরিলে ইহা নীল হয়।

(২) হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড বা ধাতব ব্রোমাইডের জলীয় দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করিলে ঈষৎ পীতাভ সিলভার ব্রোমাইডের অধঃক্ষেপ পড়ে। ইহা নাইট্রিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য কিন্তু গাঢ় অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইডে খুব ধীরে ধীরে দ্রবীভূত হয়।

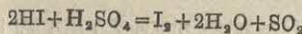
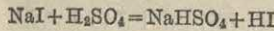
(৩) হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড বা ধাতব ব্রোমাইডের জলীয় দ্রবণে ক্লোরিন জল মিশাইয়া ঝাঁকাইলে ব্রোমিন নির্গত হয়। নির্গত ব্রোমিন কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত হয় এবং এই দ্রবণ ঈষৎ লাল বাদামী বর্ণ ধারণ করে।

হাইড্রোজেন আয়োডাইড, HI

প্রস্তুতি : (ক) **ল্যাবরেটরী পদ্ধতি :** উপযুক্ত পরিমাণ লাল ফসফরাস ও আয়োডিন মিশ্রণের উপর জলের ক্রিয়ায় ল্যাবরেটরীতে হাইড্রোজেন আয়োডাইড প্রস্তুত করা হয়। লাল ফসফরাস ও আয়োডিন প্রথমে ফসফরাস ট্রাই-আয়োডাইড গঠন করে এবং জলের দ্বারা আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া হাইড্রোজেন আয়োডাইডে এবং ফসফরাস অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$2P+3I_2=2PI_3$$
$$2PI_3+6H_2O=6HI+2H_3PO_3.$$
$$2P+3I_2+6H_2O=6HI+2H_3PO_3.$$

একটি বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গম নলযুক্ত গোলতল ফ্লাস্কে লাল ফসফরাস ও আয়োডিন উপযুক্ত পরিমাণে মিশ্রিত করিয়া লওয়া হয়। অতঃপর বিন্দুপাতী ফানেল হইতে সাবধানে ফোঁটা ফোঁটা জল এই মিশ্রণে ঢালা হয়। সঙ্গে সঙ্গেই হাইড্রোজেন আয়োডাইড গ্যাস নির্গম নল দিয়া বাহির হইতে থাকে। ফ্লাস্কটিকে জলে রাখিয়া ঠাণ্ডা করা দরকার হয়। নির্গত গ্যাসে কিছু আয়োডিন ও জলীয় বাষ্প অশুদ্ধি থাকে। এই গ্যাস প্রথমে একটি সামান্য ভেজা লাল ফসফরাস পূর্ণ U-নলের মধ্য দিয়া এবং পরে একটি ফসফরাস পেণ্টোক্সাইড রাখা বাল্বের মধ্যে চালনা করা হয়। লাল ফসফরাস আয়োডিনকে এবং P_2O_5 জলীয় বাষ্পকে শোষণ করিয়া গ্যাসকে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক করে। (CaI_2 দ্বারাও ইহা শুষ্ক করা যাইতে পারে।) এই গ্যাস বায়ু অপেক্ষা অনেক ভারী বলিয়া বায়ুর উর্ধ্বাপসারণ দ্বারা শুষ্ক গ্যাসজারে ইহা সংগ্রহ করা হয়।

চিত্র ২(৭১)—ল্যাবরেটরীতে হাইড্রোজেন আয়োডাইড প্রস্তুতি

দ্রষ্টব্য : (1) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুতির ন্যায় কোন আয়োডাইডের সহিত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিয়া হাইড্রোজেন আয়োডাইড প্রস্তুত করা সম্ভব নহে। কারণ ইহাতে প্রথম পর্যায়ে উৎপন্ন হাইড্রোজেন আয়োডাইড দ্বিতীয় পর্যায়ে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া আয়োডিনে জারিত হইয়া যায়। $NaI+H_2SO_4=NaHSO_4+HI$

$$2HI+H_2SO_4=I_2+2H_2O+SO_2$$

(2) সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে ফসফরিক অ্যাসিড (H_3PO_4) ব্যবহার করিয়া উত্তাপ প্রয়োগ করিলে আয়োডাইড হইতে হাইড্রোজেন আয়োডাইড পাওয়া যায়।

$$3NaI + H_3PO_4 = Na_3PO_4 + 3HI$$

(3) মার্কারীর সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়া হয় বলিয়া এই গ্যাস মার্কারীর অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয় না।

(খ) **সংশ্লেষণ পদ্ধতি:** হাইড্রোজেন ও আয়োডিন বাষ্পের মিশ্রণকে উত্তপ্ত প্লাটিনাম প্রভাবকের সংস্পর্শে প্রবাহিত করিয়া হাইড্রোজেন আয়োডাইড উৎপন্ন করা যায়। এই বিক্রিয়া উভমুখী। হাইড্রোজেন আয়োডাইড তাপপ্রভাবে উপাদান মৌলে বিযোজিত হয় বলিয়া উহার আংশিক উৎপাদন সম্ভব। $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$.

জলীয় দ্রবণ বা হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড প্রস্তুতি:

(১) ল্যাবরেটরী পদ্ধতিতে ব্যবহৃত ফ্লাস্কের নির্গম নলের মুখে একটি ফানেল যুক্ত করিয়া উহাকে একটি বীকারের জলের সমতলে রাখা হয়। এইভাবে হাইড্রোজেন আয়োডাইড সরাসরি জলে দ্রবীভূত হইয়া জলীয় দ্রবণ উৎপন্ন করে।

(২) জলে প্রলম্বিত আয়োডিনের উপর দিয়া হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস চালনা করিলে সালফারের অধঃক্ষেপসহ হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। অধঃক্ষিপ্ত সালফার পরিস্রুত করিলে হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ পাওয়া যাইবে।

ধর্ম: ভৌত—(১) ইহা বিশিষ্ট ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস। আর্দ্র বাতাসে ধূমায়িত হয়। (২) বায়ু অপেক্ষা অনেক ভারী।

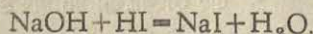
রাসায়নিক: (১) হাইড্রোজেন আয়োডাইড উত্তপ্ত করিলে অথবা সূর্যালোকে রাখিলে উপাদান মৌল হাইড্রোজেন ও আয়োডিনে বিযোজিত হয়। এইজন্য হাইড্রোজেন আয়োডাইড পূর্ণ গ্যাসজারে উত্তপ্ত গ্লাসদণ্ড প্রবেশ করাইলে আয়োডিনের বেগুনী বাষ্প দেখা যায়। $2HI \rightleftharpoons H_2 + I_2$ (২) ইহা জলে খুব দ্রাব্য এবং জলীয় দ্রবণ অ্যাসিডধর্মী। ইহার জলীয় বর্ণহীন দ্রবণকেই হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড বলা হয়। ইহা হাইড্রো-ক্লোরিক অ্যাসিড অপেক্ষা কম স্থায়ী। এমনকি এই দ্রবণ সূর্যালোকে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা বিশ্লিষ্ট ও জারিত হইয়া আয়োডিন উৎপন্ন করে। $4HI + O_2 = 2H_2O + 2I_2$

ইহার লবণকে বলা হয় আয়োডাইড। যেমন, সোডিয়াম আয়োডাইড (NaI), ম্যাগনেসিয়াম আয়োডাইড (MgI_2) ইত্যাদি।

AgI, Cu_2I_2, Hg_2I_2 এবং PbI_2 ব্যতীত অন্য সব ধাতব আয়োডাইড জলে দ্রবণীয়।

(৩) ইহা এক-ক্ষারিক অ্যাসিড। জলীয় দ্রবণে ইহা নীল লিটমাসকে লাল বর্ণে পরিণত করে। ইহা বহু ধাতুর সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন, কার্বনেট হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড দেয় এবং ক্ষারকের সহিত ক্রিয়া করিয়া লবণ ও জল গঠন করিয়া অ্যাসিড ধর্ম প্রকাশ করে।

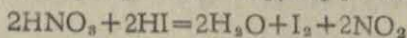
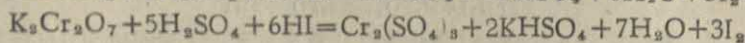
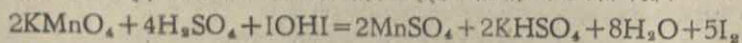
$$Zn + 2HI = ZnI_2 + H_2\ ;\ Na_2CO_3 + 2HI = 2NaI + CO_2 + H_2O$$

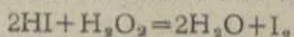
$$NaOH + HI = NaI + H_2O.$$

(৪) হাইড্রোজেন আয়োডাইডের বিজারণ ধর্ম বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

ইহা তীব্র ও মৃদু বহু জারক দ্রব্য দ্বারা জারিত হইয়া আয়োডিন উৎপন্ন করে।

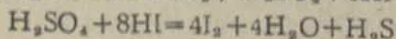
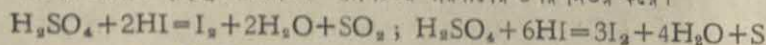
$$2KMnO_4 + 4H_2SO_4 + 10HI = 2MnSO_4 + 2KHSO_4 + 8H_2O + 5I_2$$

$$K_2Cr_2O_7 + 5H_2SO_4 + 6HI = Cr_2(SO_4)_3 + 2KHSO_4 + 7H_2O + 3I_2$$

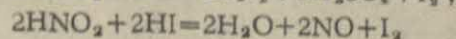
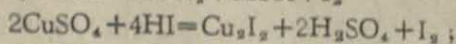
$$2HNO_3 + 2HI = 2H_2O + I_2 + 2NO_2$$

উপরের বিক্রিয়ায় অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেট, পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট এবং নাইট্রিক অ্যাসিড প্রত্যেকটি জারক দ্রব্যই হাইড্রোজেন আয়োডাইড দ্বারা বিজারিত হইয়া যথাক্রমে ম্যাঙ্গানাস লবণ, ক্রোমিক লবণ এবং নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড বিজারণের ফলে জল গঠন করে।

$$2HI + H_2O_2 = 2H_2O + I_2$$

গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ভিন্ন ভিন্ন বিজারিত পদার্থে পরিণত হয়। এইসব পদার্থের উৎপত্তি হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিডের পরিমাণের উপর নির্ভর করে।

$$H_2SO_4 + 2HI = I_2 + 2H_2O + SO_2\ ;\ H_2SO_4 + 6HI = 3I_2 + 4H_2O + S$$

$$H_2SO_4 + 8HI = 4I_2 + 4H_2O + H_2S$$

ইহা ফেরিক ক্লোরাইড, কপার সালফেট, নাইট্রাস অ্যাসিডকে বিজারিত করিতে পারে। $2FeCl_3 + 2HI = 2FeCl_2 + 2HCl + I_2$

$$2CuSO_4 + 4HI = Cu_2I_2 + 2H_2SO_4 + I_2\ ;$$

$$2HNO_2 + 2HI = 2H_2O + 2NO + I_2$$

প্রতিক্ষেত্রেই ইহা নিজে জারিত হইয়া আয়োডিন উৎপন্ন করে।

ব্যবহার: প্রকৃতপক্ষে হাইড্রোজেন আয়োডাইড বিজারক দ্রব্য হিসাবেই পরীক্ষাগারে ব্যবহৃত হয়। জৈব রসায়নে ইহার বিশেষ ব্যবহার আছে।

হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড ও ধাতব আয়োডাইডের পরিচায়ক পরীক্ষা: (১) হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড অথবা ধাতব আয়োডাইডের সহিত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে বেগুনী আয়োডিনের বাষ্প নির্গত হয়। ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড যোগ করিলে আয়োডিন বাষ্পের উৎপত্তি ত্বরান্বিত হয়। এই বাষ্পে স্টার্চ দ্রবণে সিক্ত কাগজ ধরিলে উহা গাঢ় নীল হয়।

(২) হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড বা ধাতব আয়োডাইড দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করিলে হলুদ বর্ণের সিলভার আয়োডাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই অধঃক্ষেপ নাইট্রিক অ্যাসিড এবং অ্যামোনিয়া দ্রবণে অদ্রাব্য। (৩) হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড বা আয়োডাইডের দ্রবণে ক্লোরিন জল যোগ করার পর ক্লোরোফর্ম বা কার্বন ডাই-সালফাইড মিশাইয়া ঝাঁকাইলে নির্গত আয়োডিন ক্লোরোফর্ম বা কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রাব্য হইয়া বেগুনী বর্ণের দ্রবণ দেয়, উহা স্টার্চকে নীল করে।

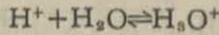
হাইড্রোজেন ক্লোরাইড, হাইড্রোজেন ব্রোমাইড ও হাইড্রোজেন আয়োডাইডের ধর্মের তুলনা: এই হ্যালোজেন অ্যাসিডগুলির ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের সাদৃশ্য এবং ক্রমপরিবর্তন বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য।

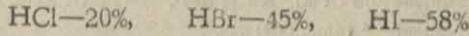
(১) প্রত্যেকটিই বর্ণহীন গ্যাসীয় পদার্থ এবং আর্দ্র বাতাসে ধূমায়িত হয়।

(২) প্রতিটি যৌগ সহজে জলে দ্রাব্য। এই জলীয় দ্রবণ তীব্র অ্যাসিডের ধর্ম প্রকাশ করে। জলীয় দ্রবণ হাইড্রোজেন আয়ন ও হ্যালাইড আয়নে বিয়োজিত হয়।

$$HX \rightleftharpoons H^+ + X^- \qquad (X = Cl, Br, I)$$

প্রকৃতপক্ষে H^+আয়ন হাইড্রোক্সোনিয়াম আয়নরূপেই জলীয় দ্রবণে থাকে।

$$H^+ + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+$$

হ্যালোজেনের আণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে ইহাদের অ্যাসিডগুলির দ্রাব্যতা বাড়ে। 0°C তাপমাত্রায় অ্যাসিডগুলির দ্রাব্যতা নীচে দেওয়া গেল।

HCl—20%, HBr—45%, HI—58%

(৩) অ্যাসিডগুলির স্থায়িত্ব হাইড্রোক্লোরিক হইতে হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড পর্যন্ত ক্রমান্বয়ে কমিতে থাকে। হাইড্রোজেন ক্লোরাইড 1500°C তাপমাত্রার উর্ধ্বে বিয়োজিত হইতে দেখা যায়। 800°C-এর উর্ধ্ব তাপাঙ্কে হাইড্রোজেন ব্রোমাইডের বিয়োজন ঘটে। কিন্তু হাইড্রোজেন আয়োডাইড সূর্যালোকে, 300°C—400°C বা আরও কম তাপাঙ্কে উপাদান মৌলে বিয়োজিত হয়।

(৪) ইহাদের বিজারণধর্মও পর পর বৃদ্ধি পায়। হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিডের বিজারণ ধর্ম বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য। বিভিন্ন জারক দ্রব্যের বিক্রিয়া লক্ষ্য করিলেই ইহা স্পষ্ট হইবে।

জারক দ্রব্য	HCl	HBr	HI
$KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$, HNO_3	—ক্লোরিনে জারিত হয়,	ব্রোমিনে জারিত হয়,	আয়োডিনে জারিত হয়
H_2SO_4, H_2O_2	—ক্রিয়া নাই	ব্রোমিনে জারিত হয়,	আয়োডিনে জারিত হয়
কিউপ্রিক, ফেরিক লবণের দ্রবণ, HNO_2	—বিক্রিয়া নাই	বিক্রিয়া নাই	আয়োডিনে জারিত হয়

(৫) হ্যালোজেন অ্যাসিডগুলির লবণের দ্রাব্যতাও উল্লেখযোগ্য। সিলভার, লেড ও (মারকিউরাস) মার্কারী হ্যালাইড ভিন্ন সমস্ত হ্যালাইডই জলে দ্রাব্য। কিউপ্রাস আয়োডাইডও জলে অদ্রাব্য। সিলভার ও লেডের লবণের জলীয় দ্রবণে হাইড্রোক্লোরিক, হাইড্রোব্রোমিক বা হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড যোগ করিলে অদ্রাব্য সিলভার ও লেড ক্লোরাইড, ব্রোমাইড ও আয়োডাইডের অধঃক্ষেপ পড়ে।

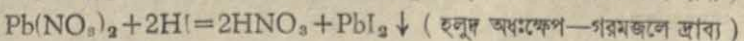
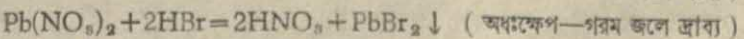
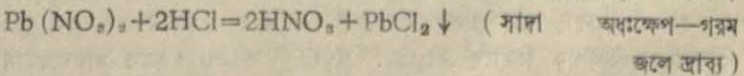
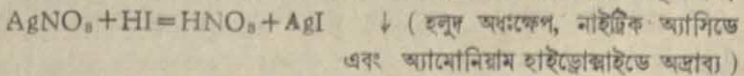
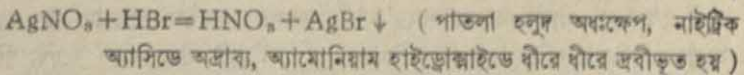
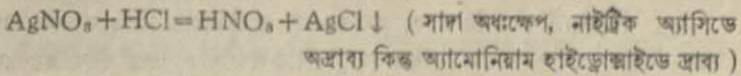
$AgNO_3 + HCl = HNO_3 + AgCl\downarrow$ (সাদা অধঃক্ষেপ, নাইট্রিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য কিন্তু অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইডে দ্রাব্য)

$AgNO_3 + HBr = HNO_3 + AgBr\downarrow$ (পাতলা হলুদ অধঃক্ষেপ, নাইট্রিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য, অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইডে ধীরে ধীরে দ্রবীভূত হয়)

$AgNO_3 + HI = HNO_3 + AgI\downarrow$ (হলুদ অধঃক্ষেপ, নাইট্রিক অ্যাসিডে এবং অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইডে অদ্রাব্য)

$Pb(NO_3)_2 + 2HCl = 2HNO_3 + PbCl_2\downarrow$ (সাদা অধঃক্ষেপ—গরম জলে দ্রাব্য)

$Pb(NO_3)_2 + 2HBr = 2HNO_3 + PbBr_2\downarrow$ (অধঃক্ষেপ—গরম জলে দ্রাব্য)

$Pb(NO_3)_2 + 2HI = 2HNO_3 + PbI_2\downarrow$ (হলুদ অধঃক্ষেপ—গরমজলে দ্রাব্য)

সপ্তম অধ্যায়

কয়েকটি প্রয়োজনীয় রাসায়নিক দ্রব্যের শিল্প-উৎপাদন

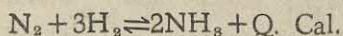
[Syllabus : Manufacture (omitting details) of Ammonia (Conversion of Ammonia into Ammonium Sulphate and Urea), Nitric Acid, Sulphuric Acid (Contact process only) and Super phosphate of Lime, Coal gas.]

অ্যামোনিয়ার শিল্প প্রস্তুতি : বিভিন্ন উপায়ে অ্যামোনিয়ার পণ্য উৎপাদন করা হয়। যথা : (১) **হেবারের সাংশ্লেষিক পদ্ধতি (২) সায়ানামাইড পদ্ধতি (৩) কয়লার অন্তর্ধূম পাতন পদ্ধতি।**

জার্মান বিজ্ঞানী হেবার কর্তৃক আবিষ্কৃত সাংশ্লেষিক পদ্ধতিই আধুনিক এবং সবচেয়ে বেশী প্রচলিত।

হেবারের সাংশ্লেষিক পদ্ধতি (Haber's synthetic process) :

নীতি : উচ্চ চাপে ও নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় প্রভাবকের উপস্থিতিতে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের সাক্ষাৎ সংযোগে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়।

$$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3 + Q.\ Cal.$$

এই বিক্রিয়া উভমুখী ও তাপ-উৎপাদক।

শিল্পোৎপাদন সার্থক করিতে গৃহীত ব্যবস্থা :

(১) এক আয়তন নাইট্রোজেন ও তিন আয়তন হাইড্রোজেন লইতে হয়।

(২) সমীকরণ হইতে দেখা যায় যে 1 আয়তন নাইট্রোজেন ও 3 আয়তন হাইড্রোজেন হইতে 2 আয়তন অ্যামোনিয়া তৈরী হয় অর্থাৎ বিক্রিয়ায় আয়তনের সংকোচন হয়। অতএব লা শ্যাটেলিয়ার (Le Chatelier)-এর নীতি অনুযায়ী উচ্চ চাপে অ্যামোনিয়ার উৎপত্তি ভাল হয়। হেবার পদ্ধতিতে 200 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ দেওয়া হয়।

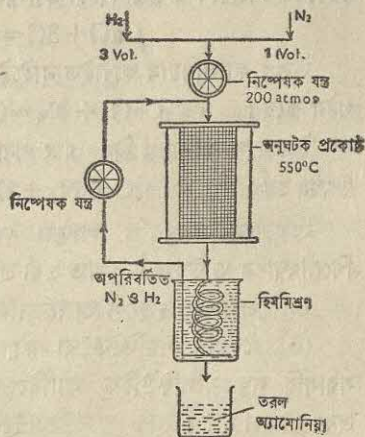
(৩) বিক্রিয়াটি তাপ উৎপাদক, অতএব লা শ্যাটেলিয়ার নীতিতে কম উষ্ণতায় অ্যামোনিয়ার উৎপাদন বাড়ে। কিন্তু ইহাতে বিক্রিয়ার গতি এত ধীরে হয় যে শিল্প প্রস্তুতিতে ইহা সার্থক হইতে পারে না। এইজন্য এমন উচ্চ তাপমাত্রা স্থির করা হয় যাহাতে বিক্রিয়ার গতি বাড়ে এবং উৎপাদনও মোটামুটি ভাল হয়। দেখা গিয়াছে 200 বায়ুমণ্ডলীর চাপে ও প্রভাবকের উপস্থিতিতে সর্বোত্তম তাপমাত্রা 550°C (optimum temperature)।

(৪) বিক্রিয়ার গতি বৃদ্ধির জন্য এই পদ্ধতিতে প্রভাবক আয়রন চূর্ণ এবং প্রভাবকের উদ্দীপক হিসাবে Al_2O_3. K_2O (কখনও কখনও মলিবডেনাম চূর্ণ) ব্যবহার করা হয়। আজকাল প্রভাবক Fe_2O_3-এর সঙ্গে K_2O, Al_2O_3 উদ্দীপক ব্যবহৃত হয়।

(৫) উভমুখী বিক্রিয়া একমুখ করার জন্য অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হওয়ার সঙ্গে সঙ্গেই বিক্রিয়ার আওতা হইতে ইহাকে সরানো দরকার।

(৬) গ্যাস মিশ্রণ বিশুদ্ধ শুষ্ক হওয়া চাই। ফসফরাস, আর্সেনিক, সালফার, ধূলিকণা ইত্যাদি অশুদ্ধি থাকিলে প্রভাবকের ক্ষমতা নষ্ট হয়।

পদ্ধতির বর্ণনা: বিশুদ্ধ ও শুষ্ক নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন 1 : 3 আয়তনিক অনুপাতে মিশ্রিত করিয়া চাপ দিবার যন্ত্র দ্বারা 200 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে সঙ্কুচিত করার পর ক্রোমিয়াম স্টীল-নির্মিত বিক্রিয়া-কক্ষে (অনুঘটন কক্ষ) প্রবেশ করানো হয়। ইহার মধ্যে তাকের উপর আয়রন চূর্ণ (প্রভাবক) এবং মলিবডেনাম চূর্ণ (উদ্দীপক) থাকে। (Al_2O_3 ও K_2O মিশ্রণও উদ্দীপক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।)

প্রথমতঃ বিদ্যুতের সাহায্যে ইহাকে 550°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত রাখা হয়। পরে অবশ্য বিক্রিয়া হইতে উদ্ভূত তাপ প্রয়োজনীয় তাপমাত্রা বজায় রাখে। উত্তপ্ত প্রভাবকের সংস্পর্শে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন আংশিকভাবে (8-12%) অ্যামোনিয়াতে পরিণত হয়। অবশিষ্টাংশ অবিকৃত নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন হিসাবে থাকে।

চিত্র ২ (৭২)—অ্যামোনিয়ার শিল্পোৎপাদন —হেবার পদ্ধতি

সংগ্রহ: উৎপন্ন অ্যামোনিয়া, অবিকৃত নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন হিম কক্ষের শীতলীকৃত কুণ্ডলীর মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে অ্যামোনিয়া তরলে পরিণত হইয়া নীচের সংগ্রহ পাত্রে সঞ্চিত হয়। কোন কোন সময় ঠাণ্ডা জলে অ্যামোনিয়া দ্রবীভূত করিয়া সরাইয়া নেওয়া হয়। অপরিবর্তিত নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন পুনরায় ব্যবহার করা যায়, ফলে পদ্ধতিটি ধারাবাহিক ভাবে চলে।

বিভিন্ন দেশে হেবারের সংশ্লেষণ পদ্ধতিটি বিভিন্ন চাপ ও তাপমাত্রায় ঘটানো হয়।

উপাদান হিসাবে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের সংগ্রহ প্রণালী :

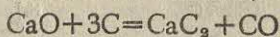
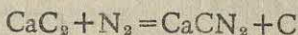
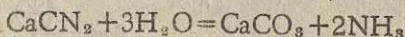
(১) তরল বায়ুর আংশিক পাতন হইতে নাইট্রোজেন ও জলের তড়িৎ বিশ্লেষণে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা যায়। তবে বিদ্যুৎ সস্তা ও সহজলভ্য না হইলে এই পদ্ধতি খুব ব্যয়সাধ্য।

অধিকাংশ ক্ষেত্রে প্রোডিউসার গ্যাস (লোহিত তপ্ত কোকের উপর দিয়া বায়ু প্রবাহিত করার ফলে উদ্ভূত কার্বন মনোক্সাইড ও নাইট্রোজেনের 1 : 2 অনুপাত মিশ্রণ) এবং ওয়াটার গ্যাস হইতে (লোহিত তপ্ত কোকের উপর স্টীমের ক্রিয়ায় উদ্ভূত 1 : 1 আয়তনের কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেন মিশ্রণ) নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন সংগ্রহ করা হয়। প্রোডিউসার গ্যাস ও ওয়াটার গ্যাস এমনভাবে মেশানো হয় যাহাতে কার্বন মনোক্সাইড দূর করার পর শেষ পর্যন্ত 1 : 3 আয়তনে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন থাকে। উক্ত মিশ্রণ হইতে কার্বন মনোক্সাইড অপসারিত করার জন্য উহার সহিত উপযুক্ত পরিমাণ স্টীম মিশাইয়া Fe_2O_3 ও Cr_2O_3 (প্রভাবক) পূর্ণ উত্তপ্ত নলের মধ্য দিয়া লইয়া যাওয়া হয়। ফলে কার্বন মনোক্সাইড কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় যাহাকে উপযুক্ত চাপে জলে দ্রবীভূত করিয়া অপসারিত করা

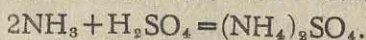
হয়। সামান্য অপরিবর্তিত কার্বন মনোক্সাইড অ্যামোনিয়া যুক্ত কিউপ্রাস ফরমেট দ্রবণে শোষিত করা হয় এবং নিরুদনের সাহায্যে গ্যাস মিশ্রণ (N_2 এবং H_2) শুষ্ক করা হয়।

সায়ানামাইড পদ্ধতি: এই পদ্ধতি তিনটি ভাগে ভাগ করা যায়— (১) ক্যালসিয়াম কার্বাইড প্রস্তুতি (২) ক্যালসিয়াম সায়ানামাইড প্রস্তুতি এবং (৩) সায়ানামাইডের আর্দ্র বিশ্লেষণ।

বৈদ্যুতিক চুল্লীতে প্রায় 2000°C বা তদূর্ধ তাপমাত্রায় তিনভাগ চুন ও দুইভাগ কোকের মিশ্রণকে উত্তপ্ত করিয়া ক্যালসিয়াম কার্বাইড প্রস্তুত করা হয়।

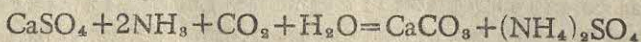
$$CaO+3C=CaC_2+CO$$

উত্তপ্ত ক্যালসিয়াম কার্বাইড নাইট্রোজেন শোষিত করিয়া ক্যালসিয়াম সায়ানামাইড গঠন করে। $CaC_2+N_2=CaCN_2+C$

উচ্চচাপে অতিতপ্ত ষ্টীম এবং ক্যালসিয়াম সায়ানামাইডের বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। $CaCN_2+3H_2O=CaCO_3+2NH_3$

কয়লার অন্তর্ধূম পাতন পদ্ধতি: এই অধ্যায়ের শেষে কোল গ্যাসের শিল্পোৎপাদন ও উহার উপজাত দ্রব্য দ্রষ্টব্য।

অ্যামোনিয়া হইতে অ্যামোনিয়াম সালফেট প্রস্তুতি:

(৩) হেবার পদ্ধতিতে বা কয়লার অন্তর্ধূম পাতনে উৎপন্ন অ্যামোনিয়া গ্যাস সরাসরি লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে প্রবাহিত করিলে অ্যামোনিয়াম সালফেটের দ্রবণ পাওয়া যায়। $2NH_3+H_2SO_4=(NH_4)_2SO_4$.

এই দ্রবণ বাষ্পায়িত করিয়া শীতল করিলে অ্যামোনিয়াম সালফেটের কেলাস পাওয়া যায়।

এই পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড সরাসরি প্রয়োজন হয়, সুতরাং যে সকল দেশে উক্ত অ্যাসিড সস্তায় [অর্থাৎ যেখানে সালফার সস্তা ও সহজলভ্য] উৎপাদন করা যায় সেই সকল দেশই তাহাদের অ্যামোনিয়াম সালফেটের প্রয়োজন এই পদ্ধতিতে মিটাইতে পারে।

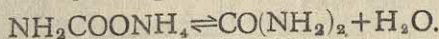
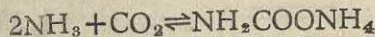
(২) জলের সহিত বিচূর্ণ ক্যালসিয়াম সালফেট বা খনিজ জিপ্‌সাম (যাহা সোদক ক্যালসিয়াম সালফেট, $CaSO_4$, $2H_2O$) ভাসমান রাখিয়া ইহাতে অ্যামোনিয়া ও কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস প্রবাহিত করিলে দ্রাব্য অ্যামোনিয়াম সালফেট ও অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন হয়। ক্যালসিয়াম কার্বনেটের অধঃক্ষেপ ফিলটার করিয়া পৃথক করার পর যে পরিস্রুত পাওয়া যায় তাহা অ্যামোনিয়াম সালফেটের জলীয় দ্রবণ। ইহা বাষ্পায়িত করিয়া ঠাণ্ডা করিলে অ্যামোনিয়াম সালফেট কেলাসাকারে পাওয়া যায়।

$$CaSO_4+2NH_3+CO_2+H_2O=CaCO_3+(NH_4)_2SO_4$$

অ্যামোনিয়াম সালফেট একটি উত্তম নাইট্রোজেন-ঘটিত সার। বিহারের সিন্ধ্রীতে সার উৎপাদন কারখানায় এই প্রক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম সালফেট প্রস্তুত করা হয়। জিপ্‌সাম আমাদের দেশে প্রচুর পরিমাণে আছে। সুতরাং দেশজ জিনিস ব্যবহার করিয়া সস্তায় এই অতি প্রয়োজনীয় সার উৎপাদনে ভারতবর্ষ স্বয়ম্ভর হইতেছে।

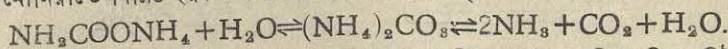
অ্যামোনিয়া হইতে ইউরিয়া প্রস্তুতি ঃ ইউরিয়া একটি উৎকৃষ্ট নাইট্রোজেন-ঘটিত সার। অধুনা অ্যামোনিয়া হইতেই ইহার শিল্পোৎপাদন করা হয়।

নির্জল তরল অ্যামোনিয়া ও কার্বন ডাই-অক্সাইডকে 150 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে, 200°C তাপাঙ্কে উত্তপ্ত করিয়া ইউরিয়া প্রস্তুত করা হয়। সামান্য জলীয় বাষ্পের উপস্থিতি প্রভাবক হিসাবে কাজ করে।

শিল্প প্রস্তুতির বিক্রিয়াটি দুই ধাপে সম্পন্ন হয়। প্রথমে অ্যামোনিয়া ও কার্বন ডাই-অক্সাইড সংযোগে গঠিত হয় অ্যামোনিয়াম কার্বামেট, যাহা পরে ইউরিয়া ও জলে বিযোজিত হয়। $2NH_3+CO_2 \rightleftharpoons NH_2COONH_4$

$$NH_2COONH_4 \rightleftharpoons CO(NH_2)_2+H_2O.$$

অ্যামোনিয়া বেশী পরিমাণে নিলে ইউরিয়ার উৎপাদন ভাল হয়। সাধারণ ভাবে অ্যামোনিয়া ও কার্বন ডাই-অক্সাইড (3 : 1 আণবিক অনুপাতে) নেওয়া হয়।

বিক্রিয়া-শেষে বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলি জলে দ্রাবিত করিয়া সাবধানে পাতিত করিলে অবিকৃত গ্যাস এবং অ্যামোনিয়াম কার্বামেট অপসারিত হয়। অ্যামোনিয়াম কার্বামেট আর্দ্র বিশ্লেষিত হইয়া অ্যামোনিয়াম কার্বনেট দেয়, যাহা কার্বন ডাই-অক্সাইড ও অ্যামোনিয়াতে বিশ্লিষ্ট হয়। উৎপন্ন গ্যাসীয় পদার্থগুলি পুনরায় ব্যবহার করা যাইতে পারে।

$$NH_2COONH_4+H_2O \rightleftharpoons (NH_4)_2CO_3 \rightleftharpoons 2NH_3+CO_2+H_2O.$$

দ্রবণে যে ইউরিয়া থাকে তাহা কেলাসন পদ্ধতিতে অথবা বিন্দু বিন্দু ছিটাইয়া (spraying) জলীয় ভাগের বাষ্পীভবন দ্বারা কেলাসাকারে পাওয়া যায়।

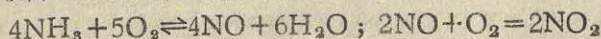
নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্প প্রস্তুতি ঃ নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্প প্রস্তুতিতে তিনটি পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়। (২) **অ্যামোনিয়ার জারণ—ওসওয়াল্ড পদ্ধতি** (২) বাতাসের নাইট্রোজেনের ও অক্সিজেনের সংযোগ—**বার্কল্যাণ্ড আইড** পদ্ধতি (৩) **চিলি সল্টপিটার হইতে পাতন প্রণালী**।

অ্যামোনিয়ার জারণ—ওসওয়াল্ড প্রণালী ঃ

(Oxidation of ammonia—Oswald Process)

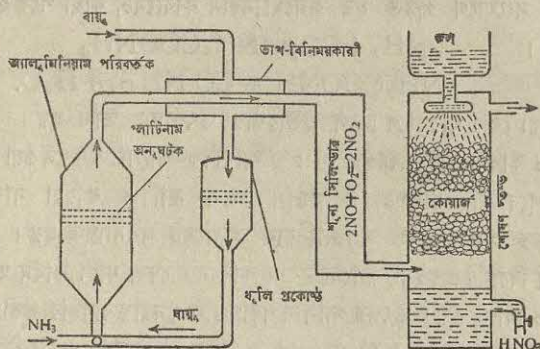
স্বল্পব্যয়ে ও দ্রুত সম্পন্ন হয় বলিয়া আজকাল শিল্প প্রয়োজনে বেশীর ভাগ নাইট্রিক অ্যাসিড অ্যামোনিয়া হইতে উৎপাদন করা হয়। এই পদ্ধতির আবিষ্কারক বিজ্ঞানী ওসওয়াল্ড।

নীতি ঃ এই প্রণালীতে অ্যামোনিয়াকে উত্তপ্ত (750-900°C) প্লাটিনাম তার-জালি প্রভাবকের সংস্পর্শে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত করিয়া নাইট্রিক অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। ইহাই এই পদ্ধতির প্রধান বিক্রিয়া অংশ এবং ইহা একটি উভমুখী, তাপ উৎপাদক বিক্রিয়া। এই নাইট্রিক অক্সাইড পরে অতিরিক্ত অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে যাহা জলের সহিত বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অ্যাসিড গঠন করে। বিক্রিয়াগুলি নিম্নরূপ—

$$4NH_3+5O_2 \rightleftharpoons 4NO+6H_2O \; ; \; 2NO+O_2=2NO_2$$

$$2NO_2+H_2O=HNO_2+HNO_3 \; ; \quad 3HNO_2=HNO_3+2NO+H_2O$$

বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী নূতন বায়ুকে জারণ কক্ষে প্রবেশের পূর্বেই উত্তপ্ত করা হয় এবং

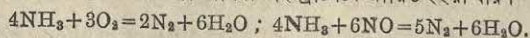
বিক্রিয়া শেষে উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইড পুনরায় বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করিতে পারে।

পদ্ধতির বর্ণনা : 500°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত, বিশুদ্ধ ও ধূলিকণা-মুক্ত অ্যামোনিয়া ও পূর্বে উত্তপ্ত বায়ুর মিশ্রণকে (1 : 7·5 আয়তন অনুপাতে) অতি দ্রুতভাবে একটি গোলাকার অ্যালুমিনিয়াম-বাক্সে বা পরিবর্তকে (converter) রক্ষিত উত্তপ্ত প্লাটিনাম তারজালির উপর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। প্রথম তড়িৎ প্রবাহ দ্বারাই তারজালিকে

চিত্র ২ (৭৩)—নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন—ওসওয়াল্ড পদ্ধতি

750°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয় ; পরে অবশ্য বিক্রিয়ায় উদ্ভূত তাপই প্রভাবকের তাপমাত্রা বজায় রাখে। এখানে প্রায় 90% অ্যামোনিয়া জারিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড গঠন করে এবং সঙ্গে স্টীম উৎপন্ন করে। উক্ত কন্‌ভার্টার হইতে নির্গত উষ্ণ নাইট্রিক অক্সাইড, বায়ু এবং স্টীম মিশ্রণ একটি তাপ বিনিময়কারী নলের মধ্য দিয়া দ্রুত পাঠাইয়া প্রায় 50°C পর্যন্ত ঠাণ্ডা করিয়া একটি শূন্য কক্ষে পাঠানো হয়। এখানে ঠাণ্ডা নাইট্রিক অক্সাইড বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে জারিত হয়।

অতঃপর এই নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড পাথরের নুড়ি পূর্ণ শোষক স্তম্ভের নিম্নদেশ দিয়া প্রবেশ করানো হয় এবং স্তম্ভের উপর হইতে জলের ধারা বা পূর্ববর্তী স্তম্ভের লঘু অ্যাসিডের ধারা নীচের দিকে প্রবাহিত করা হয়। নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড জলের সহিত ক্রিয়া করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড দ্রবণ দেয় এবং ইহা স্তম্ভের নীচে পাথরের পাত্রে জমা হয় (প্রায় 50%) এবং নল দিয়া পাত্রান্তরে স্থানান্তরিত করা হয়। একাধিক শোষক স্তম্ভ ব্যবহার করিয়া লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড সংগ্রহ করা হয়। পরে ইহা গাঢ় করিয়া লওয়া হয়।

এই পদ্ধতি সম্বন্ধে কয়েকটি জ্ঞাতব্য বিষয় : (1) প্লাটিনাম তারজালির মধ্য দিয়া অ্যামোনিয়া ও বায়ুর গ্যাস মিশ্রণ অতি দ্রুত পরিচালনা অবশ্যই দরকার নতুবা উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইড ভাঙ্গিয়া নাইট্রোজেনে পরিণত হওয়ার সম্ভাবনা থাকে অর্থাৎ অ্যামোনিয়া নাইট্রোজেনে জারিত হইয়া যায়।

$$4NH_3+3O_2=2N_2+6H_2O\ ;\ 4NH_3+6NO=5N_2+6H_2O.$$

(2) গ্যাস মিশ্রণ বিশুদ্ধ ও ধূলিকণামুক্ত হওয়া প্রয়োজন, নতুবা অশুদ্ধি থাকিলে প্রভাবক বিষাক্ত হইয়া ক্রিয়াহীন হয়।

(3) অধুনা বিক্রিয়ার সময় সাধারণতঃ গ্যাস মিশ্রণকে 7—8 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে রাখা হয় এবং প্লাটিনাম-রেডিয়াম প্রভাবক ব্যবহার করা হইয়া থাকে।

(খ) **বাতাসের অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের সংযুক্তি দ্বারা—**

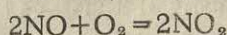
বার্কল্যাণ্ড আইড পদ্ধতি : (By Direct combination of atmospheric Nitrogen and Oxygen—Birkeland and Eyde process) :—এই পদ্ধতিতে বাতাসের অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনকে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতির উপাদান হিসাবে ব্যবহার করা যায়।

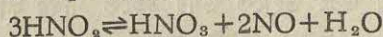
এই পদ্ধতিতে ব্যবহৃত কাঁচামাল বাতাস এবং জল সবদেশেই বিনামূল্যে পাওয়া যায়; কিন্তু নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের সংযুক্তি উচ্চ তাপমাত্রায় ঘটে বলিয়া প্রচুর বৈদ্যুতিক শক্তির প্রয়োজন। ফলে তাহা খুব ব্যয়সাধ্য। বর্তমানে ওসওয়াল্ড পদ্ধতি প্রচলনের পর এখন আর এই পদ্ধতিতে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপাদন করা হয় না। সেইজন্য ইহার বিস্তারিত আলোচনা না করিয়া শুধু মূলনীতি বর্ণনা করা হইল।

নীতি : বাতাসের নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন মিশ্রণ ইলেকট্রিক-আর্ক সাহায্যে সৃষ্ট 3000°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের সংযোগে নাইট্রিক অক্সাইড গঠিত হয়। $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$

এই বিক্রিয়া উভমুখী ও তাপগ্রাহী। সেইজন্য অত্যধিক উষ্ণতায় ইহা সম্পন্ন করা প্রয়োজন হয়।

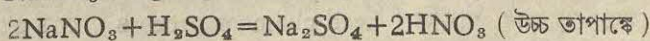
উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইড ও বায়ু দ্রুত শীতল করিলে নাইট্রিক অক্সাইড বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা নাইট্রোজেন পার বা ডাই-অক্সাইডে জারিত হয়।

$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

এই উৎপন্ন নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড শীতল জলের সহিত ক্রিয়া করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। $2NO_2 + H_2O \rightleftharpoons HNO_3 + HNO_2$

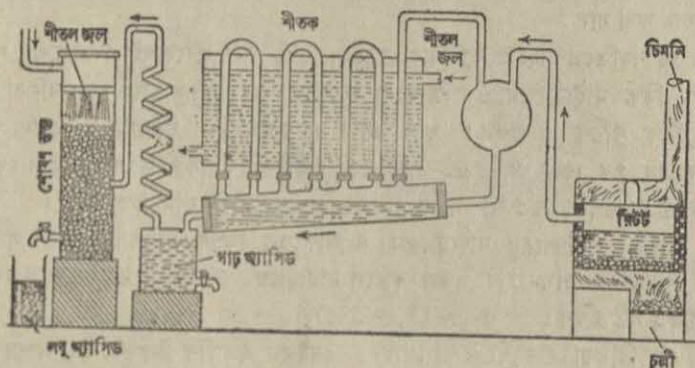
$$3HNO_2 \rightleftharpoons HNO_3 + 2NO + H_2O$$

(গ) চিলি সল্টপিটার হইতে পাতন প্রণালী : এই প্রণালী নাইট্রিক অ্যাসিডের ল্যাবরেটরী প্রস্তুতিরই বৃহত্তর সংস্করণ; শুধু ইহাতে দামী পটাসিয়াম নাইট্রেটের পরিবর্তে সস্তা চিলির খনিজ হিসাবে প্রাপ্ত সোডিয়াম নাইট্রেট ব্যবহার করা হয়।

নীতি : সোডিয়াম নাইট্রেট (চিলির সল্টপিটার) ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণ পাতিত করিলে নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী হয়। বিক্রিয়াটি দুই ধাপে ঘটে।

$$NaNO_3 + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HNO_3$$ (স্বল্প তাপাঙ্কে)

$$2NaNO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HNO_3$$ (উচ্চ তাপাঙ্কে)

মোট বিক্রিয়া : $3NaNO_3 + 2H_2SO_4 = Na_2SO_4 + NaHSO_4 + 3HNO_3$

পদ্ধতির বর্ণনা : একটি বড় আয়রন নির্মিত পাত্রে বা রিটর্টে পরিমাণ মত (3 : 2 আণবিক অনুপাতে) চিলি সল্টপিটার ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড লইয়া বিশেষ ধরনের চিমনীযুক্ত অগ্নিসহ ইষ্টক নির্মিত চুল্লীতে রাখা হয়। নীচের চুল্লী হইতে উত্তপ্ত গ্যাস আয়রন পাত্রটির চারিদিকে প্রবাহিত করিয়া উহাকে 200—250°C পর্যন্ত

উত্তপ্ত করা হয়। আয়রন পাত্রটি এমন সমভাবে উত্তপ্ত করা হয় যাহাতে উহার অভ্যন্তরে উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিড সম্পূর্ণ বাষ্পাকারে থাকে। বাষ্পাকারে নাইট্রিক অ্যাসিড আয়রন পাত্রকে আক্রমণ করে না। উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প উপরের নির্গম নল দিয়া নিষ্ক্রান্ত হইয়া শীতল কক্ষে পাথর বা চীনামাটি নির্মিত পরস্পর যুক্ত একসারি শীতকের মধ্যে প্রবেশ করে।

চিত্র ২ (৭৪)—চিলিসল্টপিটার হইতে নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন

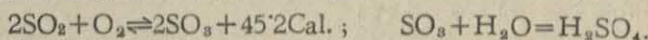
শীতক নলগুলি শীতল জল প্রবাহে ঠাণ্ডা রাখা হয়। এখানে নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প ঘনীভূত হইয়া নীচের পাথরের গ্রাহকে তরল গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড রূপে সঞ্চিত হয়। অবশিষ্ট বাষ্প একটি পাথর কুঁচি পূর্ণ স্তম্ভের তলদেশ দিয়া উহাতে প্রবেশ করানো হয় এবং উহাতে উপর হইতে পাথর কুঁচির মধ্য দিয়া জলের ধারা পড়িতে দেওয়া হয়। এখানে নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প এবং পাতনকালে অ্যাসিডের কিয়দংশ বিয়োজিত হইয়া যে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় তাহা জলের দ্বারা দ্রবীভূত হইয়া লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড দ্রবণ উৎপন্ন করে।

এই পদ্ধতি সহজে সম্পন্ন করা সম্ভব। ভারতবর্ষে নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন প্রধানতঃ এই পদ্ধতিতেই হয়।

সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্প প্রস্তুতি : সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্প প্রস্তুতিতে **দুইটি পদ্ধতি** ব্যবহৃত হয়। (১) **সংস্পর্শ পদ্ধতি** (Contact process) (২) **লেড প্রকোষ্ঠ পদ্ধতি** (Lead chamber process). লেড প্রকোষ্ঠ পদ্ধতি পাঠ্যসূচীর অন্তর্ভুক্ত নহে বলিয়া আলোচনা করা হয় নাই। তবে এখানে মনে রাখা দরকার লেড প্রকোষ্ঠ পদ্ধতির নীতি ল্যাবরেটরীতে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির নীতির অনুরূপ। এই পদ্ধতিতে উৎপন্ন অ্যাসিডে 65—70% অ্যাসিড থাকে। আর সংস্পর্শ পদ্ধতিতে 98% সালফিউরিক অ্যাসিড, সময় সময় 100% বিশুদ্ধ অ্যাসিড প্রস্তুত হয়।

সংস্পর্শ পদ্ধতি : (Contact process)

নীতি : শুষ্ক, বিশুদ্ধ সালফার ডাই-অক্সাইড ও অতিরিক্ত বায়ুর মিশ্রণকে তপ্ত কঠিন সূক্ষ্ম প্লাটিনাম চূর্ণ, প্লাটিনাম কণাযুক্ত অ্যাসবেষ্টসের আশ বা ভ্যানাডিয়াম পেন্টোক্সাইড (V_2O_5) প্রভাবকের উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে সালফার ডাই-অক্সাইড বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইড গঠন করে যাহা জলের সহিত বিক্রিয়ায় সালফিউরিক অ্যাসিড তৈরী করে।

$$2SO_2+O_2 \rightleftharpoons 2SO_3+45{\cdot}2\text{Cal.}; \qquad SO_3+H_2O=H_2SO_4.$$

তবে সালফার ট্রাই-অক্সাইডকে সরাসরি জলে দ্রবীভূত না করিয়া গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে শোষিত করা হয়, ফলে ধূমায়মান (Fuming) সালফিউরিক অ্যাসিড বা ওলিয়াম (Oleum) উৎপন্ন হয়। ইহার রাসায়নিক নাম পাইরো সালফিউরিক অ্যাসিড। ইহাতে পরিমাণ মত জল ধীরে ধীরে মিশাইয়া শতকরা 98 ভাগের সাল-ফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

শিল্পোৎপাদন সার্থক করিতে গৃহীত ব্যবস্থা : (১) এই পদ্ধতিতে প্রভাবকের মূল্য সর্বাধিক। সুতরাং ইহার ক্ষমতা বজায় রাখা বিশেষ প্রয়োজন।

(২) সালফার ডাই-অক্সাইড, অক্সিজেন (বায়ু) বিকারকগুলি, ধূলিকণা, সালফার, আর্সেনাস অক্সাইড, হাইড্রোজেন সালফাইড, জলীয় বাষ্প ইত্যাদি হইতে সম্পূর্ণ মুক্ত হওয়া প্রয়োজন ; নতুবা এই সকল অশুদ্ধি প্রভাবকের কার্যকরী ক্ষমতা নষ্ট করে অর্থাৎ প্রভাবক বিষাক্ত (poisoned) হইয়া যায়। প্রভাবক কঠিন বলিয়া যত বেশী বিচূর্ণ হইবে ততই ইহার প্রভাবন ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়। সমীকরণ হইতে দেখা যায় কারণ ক্রিয়াটি উভমুখী এবং তাপ উৎপাদক।

$2SO_2+O_2 \rightleftharpoons 2SO_3+45{\cdot}2$ Cal. এই বিক্রিয়ার সাম্য ধ্রুবক K হইলে সূত্রানুযায়ী,

$$K=\frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2\times[O_2]}$$

যেহেতু 'K' এর মান নির্দিষ্ট, অতএব অক্সিজেন (বায়ু) অধিক মাত্রায় থাকিলে অধিকতর পরিমাণে সালফার ট্রাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইবে।*

(৩) বিক্রিয়াটি তাপ উৎপাদক। সুতরাং লা স্যাটেলিয়ার নীতি অনুযায়ী কম উষ্ণতায় সালফার ট্রাই-অক্সাইডের উৎপাদন বাড়ে, কিন্তু ইহাতে বিক্রিয়ার গতি মন্থর হওয়ায় দীর্ঘ সময় লাগে। ফলে শিল্প প্রস্তুতিতে উহার গুরুত্ব কমিয়া যায়। প্লাটিনাম প্রভাবকের উষ্ণতা 450°C রাখিলে বিক্রিয়ার গতি বাড়ে এবং সালফার ট্রাই-অক্সাইডের উৎপাদনও ভাল হয়। এই তাপমাত্রাকে বলা হয় সর্বোত্তম তাপমাত্রা (Optimum temperature).

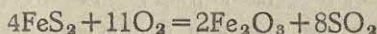
(৪) আবার বিক্রিয়ায় আয়তনের হ্রাস হয় ; অতএব লা স্যাটিলার নীতিতে উচ্চ চাপে সালফার ট্রাই-অক্সাইডের উৎপত্তি ভাল হইবে। তবুও এই পদ্ধতিতে উচ্চচাপ

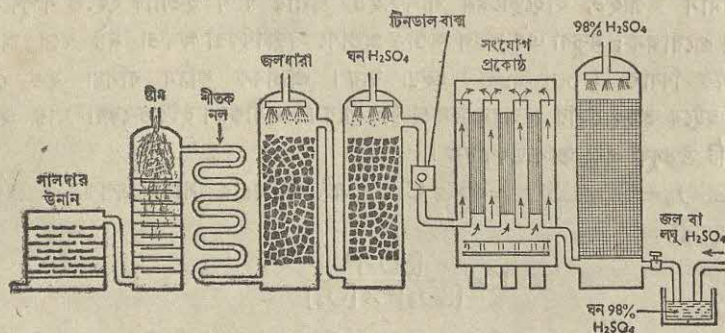
* প্রথম পর্বের নবম অধ্যায় দ্রষ্টব্য।

ব্যবহার করা হয় না, কেননা উপযুক্ত প্রভাবক ও উষ্ণতা এমনিতে যথেষ্ট সালফার ট্রাই-অক্সাইড গঠন করে। চাপ প্রয়োগে উৎপাদন বাড়ানোর সুযোগ থাকে না। সাধারণতঃ বিক্রিয়াটি 1·5 বায়ুমণ্ডলীয় চাপেই সম্পন্ন করা হয়।

(৫) সালফার ট্রাই-অক্সাইড সরাসরি জলে চালনা করিলে ইহার সামান্য পরিমাণই দ্রবীভূত হয়, কারণ ইহাতে এত বেশী তাপের উদ্ভব হয় যে সালফার ট্রাই-অক্সাইড সাদা কুয়াশার (acid mist) আকারে বাহির হইয়া যায়। সেইজন্য ইহার শোষণ 98% সালফিউরিক অ্যাসিডে করা হয়।

পদ্ধতির বর্ণনা ঃ (ক) **সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপাদন ঃ** চুল্লীতে মৌল সালফার বা খনিজ আয়রন পাইরাইটস অতিরিক্ত বায়ুতে পুড়াইয়া প্রধান উপাদান সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। $S+O_2=SO_2$;

$$4FeS_2+11O_2=2Fe_2O_3+8SO_2$$

যে গ্যাস মিশ্রণ এখানে পাওয়া যায় তাহাতে মোটামুটি ভাবে $SO_2=8\%$, $O_2=10\%$, $N_2=82\%$ উপস্থিত থাকে।

(খ) **গ্যাস মিশ্রণের শুদ্ধিকরণ ঃ** সালফার ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেন গ্যাস মিশ্রণ একটি ধূলিকণা রোধক (dust catcher) বা বাষ্পকক্ষের মধ্যে চালনা করিয়া স্টীমের সাহায্যে উহার ধূলিকণা থিতাইয়া দেওয়া হয়। পরে গ্যাস মিশ্রণটি একটি

চিত্র ২ (৭৫)—সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্প প্রস্তুতি—সংস্পর্শ পদ্ধতি

সীসক (লেড) কুণ্ডলী নলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া উত্তাপ কমানোর পর পাথর কুঁচি পূর্ণ একটি স্তম্ভের নিম্নদেশে প্রবেশ করানো হয়। স্তম্ভের উপর হইতে উহাতে দেওয়া হয় জলের ধারা। জলধারার সংস্পর্শে গ্যাসের দ্রাব্য অবিশুদ্ধিগুলি দ্রবীভূত ও অপসারিত হয়।

অতঃপর এই আর্দ্র গ্যাসমিশ্রণ অপর একটি স্তম্ভের নিম্নদেশ দিয়া প্রবেশ করে। স্তম্ভের ভিতর কোক পূর্ণ থাকে এবং উপর হইতে নীচের দিকে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের ধারা দেওয়া হয়। ফলে গ্যাসমিশ্রণ নীচ হইতে উপরের দিকে যাওয়ার সময় বিপরীত পথগামী সালফিউরিক অ্যাসিডের ধারায় ধৌত ও জলীয় বাষ্প-বিমুক্ত হয়।

এই শুষ্ক, বিশুদ্ধ গ্যাস মিশ্রণটি স্বচ্ছ হয়। ইহার স্বচ্ছতা দেখার জন্য ভিতর দিকে কাচযুক্ত একটি কাচের বাক্সের বা টিনডেল বাক্সের (Tyndal box) ভিতর প্রবেশ করাইয়া তীব্র আলোকরশ্মি ফেলিয়া পরীক্ষা করা হয়। বিশুদ্ধ ও শুষ্ক গ্যাস মিশ্রণটি অতঃপর সংস্পর্শ চুল্লীর বা বিক্রিয়া কক্ষের তলদেশ দিয়া প্রবেশ করানো হয়।

(গ) **সালফার ডাই-অক্সাইডের জারণঃ** আয়রন নির্মিত সংস্পর্শ চুল্লী বা বিক্রিয়া কক্ষে কতকগুলি আয়রন নলের মধ্যে প্রভাবকচূর্ণ রাখিয়া কক্ষের তাপমাত্রা 450°C-এর কিছু উপরে রাখা হয়। এই তাপমাত্রায় পৌঁছানোর জন্য প্রথমে প্রভাবক কক্ষে বাহির হইতে তাপ প্রদান করিতে হয়, পরে বিক্রিয়াজাত তাপের সাহায্যেই উপযুক্ত তাপমাত্রা বজায় রাখা সম্ভব হয়।

শীতল গ্যাসমিশ্রণ স্পর্শ চুল্লীর তলদেশে প্রবেশ করিয়া প্রথমে লৌহ নলগুলির চারিপাশে প্রবাহিত হইয়া উত্তপ্ত হয়, পরে প্রভাবকপূর্ণ নলগুলিতে বা প্রকৃত বিক্রিয়া স্থানে প্রবেশ করে। বিক্রিয়া কক্ষে শীতল গ্যাস মিশ্রণের গতি এমনভাবে নিয়ন্ত্রিত করা হয় যাহাতে কক্ষের তাপমাত্রা 450°C থাকে। এখানেই সালফার ডাই-অক্সাইড সালফার ট্রাই-অক্সাইডে জারিত হয়। বিক্রিয়ায় যে তাপের উদ্ভব হয় তাহা অপেক্ষাকৃত কম উষ্ণ বিক্রিয়াকারী গ্যাস শোষণ করিয়া লয়।

(ঘ) **সালফার ট্রাই-অক্সাইডের শোষণঃ সালফিউরিক অ্যাসিড সংগ্রহ :**—সংস্পর্শ চুল্লী বা বিক্রিয়া কক্ষ হইতে নির্গত সালফার ট্রাই-অক্সাইড তাপ-বিনিময়কারী প্রকোষ্ঠের (চিত্রে দেখানো হয় নাই) নলের মধ্য দিয়া চালনা করিয়া শীতল করিবার পর বিশোষণ কক্ষে 98% সালফিউরিক অ্যাসিডে শোষণ করা হয়। এইভাবে ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় এবং একটি ট্যাঙ্কে সঞ্চিত হয়। ট্যাঙ্কের অপর দিক হইতে একটি পরিমিত জলের বা লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের ধারা এমনভাবে ইহাতে প্রবেশ করানো হয় যাহাতে ট্যাঙ্কের অ্যাসিডের গাঢ়ত্ব সর্বদা 98% থাকে। যে পরিমাণ জল পাত্রে ঢালা হয় সেই পরিমাণ 98% ঘন অ্যাসিড পাত্র হইতে নল মারফৎ সরানো হয়।

ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড, ওলিয়াম (Fuming sulphuric acid or oleum)ঃ

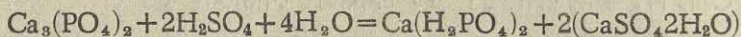
অতিরিক্ত পরিমাণ সালফার ট্রাই-অক্সাইড 98% সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে যে তৈলাক্ত ধূমায়মান তরল উৎপন্ন হয় তাহাকে বলা হয় ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড বা ওলিয়াম। ইহাতে বিভিন্ন পরিমাণ জল মিশাইয়া বিশুদ্ধ ও ভিন্ন ভিন্ন ঘনত্বের সালফিউরিক অ্যাসিড তৈয়ারী করা হয়। 100% ওলিয়ামকে 'সালফান' বলে।

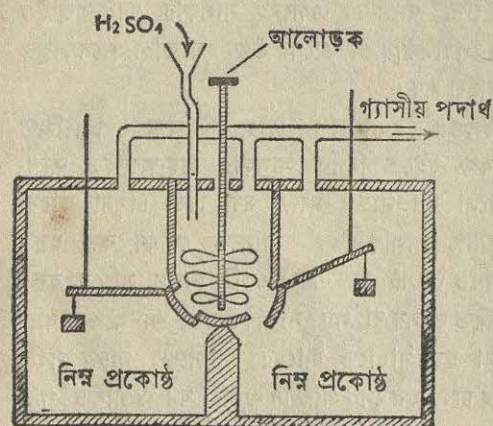
100% ওলিয়াম অর্থে 100% সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে 100% মুক্ত সালফার ট্রাই-অক্সাইড শোষিত হইয়াছে বুঝায়।

সুপার ফসফেট অব লাইম (Super phosphate of lime)ঃ জমির উর্বরা-শক্তি বৃদ্ধিতে ফসফরাস-ঘটিত সারেরও বিশেষ প্রয়োজন। প্রকৃতিজাত খনিজ ফসফরাস যৌগে এবং প্রাণিজ হাড়ে প্রায়ই প্রশম ক্যালসিয়াম ফসফেট $Ca_3(PO_4)_2$ থাকে। কিন্তু এইরূপ ফসফেট জলে অদ্রাব্য বলিয়া সার হিসাবে ব্যবহারের অযোগ্য।

এই সব অদ্রবণীয় ফসফেটকে দ্রবণীয় ফসফেটে রূপান্তরিত করিয়া সাররূপে ব্যবহারের উপযোগী করা হয়। সুপার ফসফেট এইরূপ একটি অধিকতর দ্রাব্য ফসফেট সার।

প্রস্তুতি : বিচূর্ণ খনিজ ফসফেট (ফসফোরাইট, অ্যাপেটাইট) ও সালফিউরিক অ্যাসিডের (60—70%) বিক্রিয়ায় প্রশম ট্রাই-ক্যালসিয়াম ফসফেট (অদ্রাব্য) প্রাইমারী মনোক্যালসিয়াম ফসফেটে (দ্রাব্য) রূপান্তরিত হয় এবং সঙ্গে সঙ্গে সোদক ক্যালসিয়াম সালফেট গঠিত হয়।

$$Ca_3(PO_4)_2+2H_2SO_4+4H_2O=Ca(H_2PO_4)_2+2(CaSO_4 2H_2O)$$

মনোক্যালসিয়াম ফসফেট (বা ক্যালসিয়াম ডাই-হাইড্রোজেন ফসফেট) ও সোদক ক্যালসিয়াম সালফেটের মিশ্রণকেই বলা হয় সুপার ফসফেট অব্ লাইম।

পদ্ধতির বর্ণনা : একটি কাস্ট আয়রন নির্মিত আধারে চূর্ণ খনিজ ফসফেট ও সালফিউরিক অ্যাসিডের (60—70%) উপযুক্ত পরিমাণ মিশ্রণ লইয়া উহা ঘূর্ণায়মান পাখার (blade) সাহায্যে আলোড়িত করা হয়। কয়েক মিনিটেই একটি উত্তম মিশ্রণ পাওয়া যায় এবং বিক্রিয়া আরম্ভ হয়। অতঃপর এই মিশ্রণ তাড়াতাড়ি তলদেশের নির্গমপথ দিয়া সিমেন্ট নির্মিত ও ছিদ্রযুক্ত নিম্নস্থ প্রকোষ্ঠে স্থানান্তরিত করা হয়। প্রকোষ্ঠের অর্ধেক উহা দ্বারা পূর্ণ করিয়া প্রকোষ্ঠটি বন্ধ করিয়া দেওয়া হয় এবং বিক্রিয়া সম্পূর্ণ করিবার জন্য প্রায় 24—48 ঘণ্টা রাখা হয়। বিক্রিয়া বেশ ধীর গতিতে সম্পূর্ণ হয়। এই বিক্রিয়াজাত সুপার ফসফেট অব্ লাইম অতঃপর শুষ্ক ও চূর্ণ করিয়া সাররূপে ব্যবহার করা হয়।

চিত্র ২(৭৬)—সুপার ফসফেট অব্ লাইমের প্রস্তুতি

বিক্রিয়াকালে তাপ 100°C পর্যন্ত উঠে এবং ছিদ্রপথে কার্বন ডাই-অক্সাইড, সিলিকন টেট্রাফ্লুরাইড, হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রভৃতি উপজাত গ্যাস নির্গত হয়।

কোল গ্যাস (Coal Gas)

কোল গ্যাসের উপাদান : কোল গ্যাস হাইড্রোজেন, মিথেন, কার্বন মনোক্সাইড, ইথিলীন, অ্যাসিটিলিন, বেঞ্জিন বাষ্প, নাইট্রোজেন, কার্বন ডাই-অক্সাইড, অক্সিজেন ইত্যাদি **গ্যাসের মিশ্রণ**। ইহা প্রধানতঃ জ্বালানীরূপে ও আলোক উৎপাদকরূপে ব্যবহৃত হয়।

কয়লার অন্তর্ধূম পাতন করিলে উহা উদ্বায়ী ও অনুদ্বায়ী দুই প্রকারের পদার্থ সৃষ্টি করে। শৈত্য প্রয়োগে উদ্বায়ী পদার্থের এক অংশ তরলরূপে পৃথক হয়। অবশিষ্ট গ্যাসীয় অংশ কোল গ্যাস নামে পরিচিত। কোল গ্যাসের উৎপাদন খনিজ কয়লার প্রকৃতি ও অন্তর্ধূম পাতনের তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল।

কোল গ্যাসের **উপাদানগুলিকে তিন ভাগে** ভাগ করা হয়। উপাদানগুলির শতকরা আয়তনিক অনুপাত মোটামুটি নিম্নরূপ:

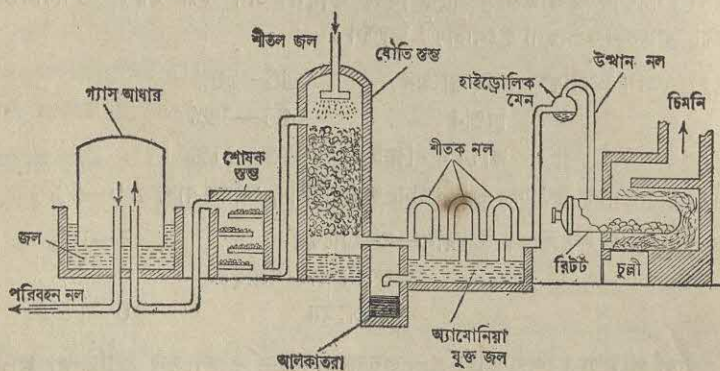
(১) তাপ উৎপাদক—	হাইড্রোজেন	45—50%
	মিথেন	25—35%
	কার্বন মনোক্সাইড	5—11%
(২) আলোক উৎপাদক—	ইথিলীন, অ্যাসিটিলিন, বেঞ্জিন বাষ্প	2·5—5%
(৩) অদাহ্য লঘু কারক উপাদান—	নাইট্রোজেন	2—10%
	কার্বন ডাই-অক্সাইড	0—·3%
	অক্সিজেন	0—1·5%

কোল গ্যাসের শিল্প প্রস্তুতি—কয়লার অন্তর্ধূম পাতন প্রক্রিয়া দ্বারা: (By destructive distillation of coal): কয়লার অন্তর্ধূম পাতন করিয়াই কোল গ্যাসের শিল্পোৎপাদন করা হয়।

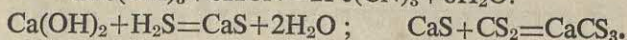
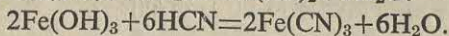
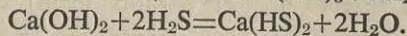
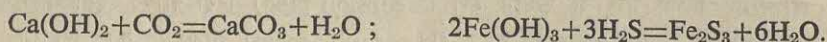
অগ্নি-সহ মৃত্তিকা নির্মিত সারি সারি বায়ুরুদ্ধ রিটর্টে নরম কয়লা বা বিটুমিনাস কয়লা চূর্ণ লওয়া হয়। প্রোডিউসার গ্যাসকে জ্বালানী হিসাবে ব্যবহার করিয়া ইহা 1000-1200°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। পাতনের ফলে কয়লার রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে। প্রতি রিটর্ট হইতে উদ্বায়ী গ্যাসীয় পদার্থসমূহ উপরের একটি আয়রনের নির্গম নল বা উত্থান নল (ascension pipe) দিয়া বাহির হইয়া আসে এবং আংশিক জলপূর্ণ অনুভূমিক পাত্রে (Hydraulic main) প্রবেশ করে। এখানে গ্যাসমিশ্রণের উষ্ণতা হ্রাস (প্রায় 60°) পাওয়ার ফলে অপেক্ষাকৃত কম উদ্বায়ী পদার্থ আলকাতরা, অ্যামোনিয়াযুক্ত জলরূপে ঘনীভূত হয় এবং নিম্নে অবস্থিত ট্যাঙ্কে (Tar well)এ জমা হয়। হাইড্রোলিক মেন হইতে যে গ্যাসমিশ্রণ নিষ্ক্রান্ত হয় তাহা পর পর খাড়াভাবে সজ্জিত কয়েকটি শীতক নলের মধ্য দিয়া পরিচালিত করা হয়। এই প্রক্রিয়ায় গ্যাসের উষ্ণতা আরো হ্রাস পায় এবং আরো আলকাতরা ও অ্যামোনিয়া যুক্ত জল উৎপন্ন হইয়া আলকাতরার ট্যাঙ্কে জমা হয়। এখানে আলকাতরা ও অ্যামোনিয়াযুক্ত জল দুইটি স্তরে থাকে। নীচের স্তরে আলকাতরা বা কোলটার এবং উপরে অ্যামোনিয়াযুক্ত জল বা অ্যামোনিয়াকাল লিকার। ইহা অ্যামোনিয়া ও উহার লবণের জলীয় দ্রবণ।

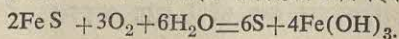
পাম্পের সাহায্যে শীতক হইতে গ্যাসীয় পদার্থ অপদ্রব্য (NH_3, HCN, CO_2, H_2S, CS_2) সহ কোকপূর্ণ একটি উচ্চ ধৌতিস্তম্ভ বা স্ক্রাবারের নিম্নদেশ দিয়া প্রবেশ করানো হয় এবং স্তম্ভের উপর হইতে জলের ধারা নিম্নদিকে প্রবাহিত করা হয়। ইহাতে ঊর্ধ্বগামী গ্যাস বিপরীতমুখী জলস্রোত দ্বারা ধৌত হয় এবং উহার অবশিষ্ট

অ্যামোনিয়া, কিছুটা হাইড্রোজেন সায়ানাইড, কার্বন ডাই-অক্সাইড ও হাইড্রোজেন সালফাইড দ্রবীভূত হয়।

এইরূপে জলে ধৌত গ্যাসে হাইড্রোজেন সালফাইড, কার্বন ডাই-সালফাইড, কার্বন ডাই-অক্সাইড ইত্যাদি থাকিয়া যায়। জ্বালানীরূপে ব্যবহৃত গ্যাসে সালফার যৌগ থাকা বাঞ্ছনীয় নহে। সেইজন্য এই সকল অপদ্রব্য দূর করিবার জন্য গ্যাসকে একটি ছোট চওড়া

চিত্র ২(৭৭)—কোল গ্যাসের শিল্প-প্রস্তুতি

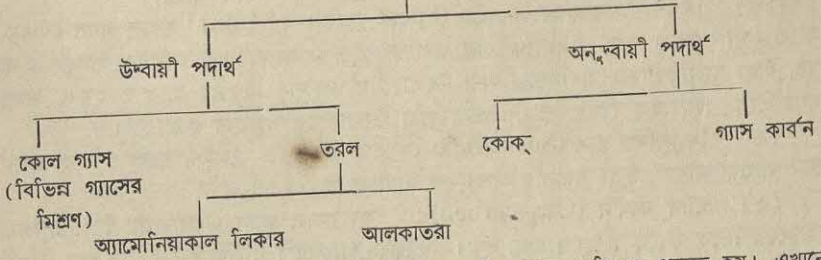
আয়তক্ষেত্রিক লোহার বাক্সে বা শোধন কক্ষে (purifier) পাঠানো হয়। শোধন কক্ষে কয়েকটি তাকে রাখা হয় কলিচূন এবং কয়েকটি তাকে আর্দ্র ফেরিক অক্সাইড (অর্থাৎ ফেরিক হাইড্রোক্সাইড)। এখানে কলিচূন দ্বারা সম্পূর্ণ CO_2, কিছু H_2S, HCN এবং CS_2 শোষিত হয়। আর্দ্র ফেরিক অক্সাইড H_2S, HCN শোষণ করিয়া লয়। সাধারণভাবে শোধন কক্ষে আর্দ্র ফেরিক অক্সাইড বা কলিচূন যে কোন একটি ব্যবহার করা যাইতে পারে।

$$Ca(OH)_2+CO_2=CaCO_3+H_2O\ ; \qquad 2Fe(OH)_3+3H_2S=Fe_2S_3+6H_2O.$$
$$Ca(OH)_2+2H_2S=Ca(HS)_2+2H_2O.$$
$$2Fe(OH)_3+6HCN=2Fe(CN)_3+6H_2O.$$
$$Ca(OH)_2+H_2S=CaS+2H_2O\ ; \qquad CaS+CS_2=CaCS_3.$$

আর্দ্র ফেরিক অক্সাইড হাইড্রোজেন সালফাইডের সহিত বিক্রিয়ায় ফেরিক সালফাইডে পরিণত হইয়া ইহার শোষণক্ষমতা হারায়, তখন ইহাকে বলা হয় নিঃশেষিত ফেরিক অক্সাইড বা স্পেণ্ট অক্সাইড অব আয়রন (spent oxide of iron)। স্পেণ্ট অক্সাইড খোলা অবস্থায় বাতাসে রাখিয়া দিলে ফেরিক হাইড্রোক্সাইডে পরিণত হয় এবং সালফার পৃথক হইয়া পড়ে। ইহাকে পুনরায় H_2S শোষণে ব্যবহার করা চলে। স্পেণ্ট অক্সাইড সালফারের উৎস হিসাবেও ব্যবহৃত হয়।

$$2FeS\ +3O_2+6H_2O=6S+4Fe(OH)_3.$$

কলিচুনেরও যখন গ্যাস শোষণক্ষমতা হ্রাস পায় তখন উৎপন্ন হয় স্পেণ্ট লাইম বা গ্যাস লাইম।

কার্বন ডাই-সালফাইড এই সকল প্রক্রিয়ায় সম্পূর্ণভাবে দূরীভূত হয় না। সেইজন্য কোন কোন ক্ষেত্রে গ্যাসীয় পদার্থকে 450°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত নিকেলের উপর দিয়া চালনা করা হয়। ইহাতে গ্যাসে উপস্থিত হাইড্রোজেন ও কার্বন ডাই-সালফাইড বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন সালফাইড উৎপন্ন করে, উহা সহজেই আর্দ্র ফেরিক অক্সাইড দ্বারা শোষিত হয়। $CS_2+2H_2=2H_2S+C.$

এইরূপে বিশুদ্ধ হওয়ার পর যে গ্যাস পাওয়া যায় তাহাই কোল গ্যাস এবং ইহা জলের অপসারণ দ্বারা গ্যাস আধারে (Gas holder) সঞ্চিত করা হয়।

কয়লার অন্তর্ধূম পাতনের পর রিটর্টগুলিতে পড়িয়া থাকে কঠিন অনুদ্বায়ী কোক এবং উহাদের ভিতরের উপরিভাগের দেওয়ালে পাতনক্রিয়ায় উদ্ভূত হাইড্রোকার্বনগুলি বিয়োজিত হইয়া কার্বন সঞ্চিত হয়। ইহাই গ্যাস কার্বন।

ইতিপূর্বে বলা হইয়াছে কোল গ্যাস কয়লার অন্তর্ধূম পাতন প্রক্রিয়ায় প্রস্তুত হয়। এখানে অন্তর্ধূম পাতন বলিতে কি বুঝায় তাহা ব্যাখ্যা করা হইল।

কোন কোন কঠিন পদার্থকে বায়ুবন্ধ পাত্রে, বায়ুর অবর্তমানে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে উহারা রাসায়নিকভাবে বিশ্লেষিত হইয়া উদ্বায়ী ও অনুদ্বায়ী উপাদানে বিভক্ত হয়। শৈত্যের দ্বারা এই উদ্বায়ী উপাদানের ঘনীকরণ সম্ভব হয়। অনুদ্বায়ী অংশ পাত্রে পড়িয়া থাকে। এইরূপ মিশ্র কঠিন পদার্থ হইতে বায়ুর অবর্তমানে উদ্বায়ী বস্তুকে পাতিত করিয়া আনিবার নাম অন্তর্ধূম পাতন। এই প্রক্রিয়ায় পাত্রে বায়ু থাকিতে দেওয়া হয় না, কারণ বায়ু পদার্থের রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটাইতে পারে।

এই পদ্ধতিকে destructive বা ধ্বংসাত্মক বলিবার কারণ উহাতে মূল কঠিন পদার্থ রাসায়নিকভাবে বিশ্লিষ্ট বা নষ্ট হয় এবং বিশ্লেষণজাত পদার্থগুলির পুনর্মিলনে মূল পদার্থ পুনরায় পাওয়া যায় না।

কোনও তরলকে প্রথমে তাপপ্রয়োগে বাষ্পে পরিণত করিয়া সেই বাষ্পকে শীতল করিয়া পুনরায় তরলে পরিণত করিবার প্রণালীকে বলা হয় সাধারণ পাতন। পাতন-প্রণালী বাষ্পীভবন ও ঘনীভবন এই দুই প্রক্রিয়ার সমন্বয়।

$$\text{তরল} \underset{\text{শৈত্য প্রয়োগ}}{\overset{\text{তাপপ্রয়োগ}}{\rightleftharpoons}} \text{বাষ্প}$$

অতএব অন্তর্ধূম পাতনে পদার্থের রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে, কিন্তু সাধারণ পাতনে পদার্থের যে পরিবর্তন তাহা ভৌত বা অবস্থাগত।

কোল গ্যাস শিল্পোৎপাদনের উপজাত দ্রব্য (by-products) ও উহাদের ব্যবহার :

(১) **আলকাতরা** (Coal tar) : ইহা অতি কালো, দুর্গন্ধযুক্ত চট্‌চটে তরল কিন্তু অতি মূল্যবান পদার্থ। ইহা বহু প্রকার প্রয়োজনীয় জৈব যৌগের মিশ্রণ এবং এই সকল যৌগের উৎস।

আলকাতরাকে আংশিক পাতন করিলে বেঞ্জিন, টলুইন, ন্যাপথ্যালিন, অ্যানথ্রাসিন প্রভৃতি মূল্যবান জৈব যৌগ পাওয়া যায়। কৃত্রিম রঙ, ঔষধ, সুগন্ধি, বিস্ফোরক দ্রব্য প্রস্তুতিতে এই সকল যৌগ ব্যবহৃত হয়। ইহা ছাড়া কাঠকে পোকামাকড় ইত্যাদির হাত হইতে রক্ষা করিবার জন্য আলকাতরা দ্বারা প্রলেপ দেওয়া হয়। আলকাতরা দ্বারা প্রলেপ দিয়া চটের থলির জলনিরোধ ক্ষমতা আনা হয় এবং লোহার মরিচা-পড়া বন্ধ করা হয়।

পাতনের পর 'পিচ' (Pitch) নামক যে পদার্থ অবশিষ্ট থাকে তাহা তৈলের সহিত মিশাইয়া রাস্তা প্রস্তুত করিতে এবং বার্নিশের কাজে ব্যবহৃত হয়।

(২) **অ্যামোনিয়াযুক্ত জল** (Ammoniacal liquor): ইহা অ্যামোনিয়া এবং অ্যামোনিয়াম কার্বনেট, অ্যামোনিয়াম হাইড্রোসালফাইড প্রভৃতি লবণের জলীয় দ্রবণ। ইহাকে চুন-গোলার সহিত ফুটাইয়া অ্যামোনিয়া গ্যাস পাওয়া যায়, উহা সরাসরি উত্তম সার অ্যামোনিয়াম সালফেটে পরিণত হইতে পারে। আবার ঠাণ্ডা জলে দ্রাবিত করিয়া অ্যামোনিয়ার ঘন দ্রবণ (liquor ammonia) প্রস্তুত করা যাইতে পারে।

(৩) **নিঃশেষিত আয়রন অক্সাইড** (Spent oxide of iron): কোল গ্যাস শোধন-কালে ইহা পাওয়া যায়। ইহাকে বায়ুতে পোড়াইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়, যাহা সালফিউরিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদনের উপাদান হিসাবে ব্যবহৃত হয়। সময় সময় ইহা পটাসিয়াম ফেরো-সায়ানাইডের পণ্য উৎপাদনেও ব্যবহার করা হয়।

(৪) **নিঃশেষিত চুন** (Spent lime or gas lime): শোধন কক্ষে চুন ব্যবহারে ইহা পাওয়া যায়। ইহা সরাসরি সাররূপে ব্যবহৃত হয়।

(৫) **গ্যাস কার্বন** (Gas carbon): ইহা কোল গ্যাস উৎপাদনের রিটর্টগুলির ভিতরের দিকে উৎক্ষেপ রূপে জমা হয়। তড়িৎসুপরিবাহী বলিয়া তড়িৎদ্বার প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

(৬) **কোক্** (Coke): অন্তর্ধূম পাতনের পর রিটর্টে যাহা অবশেষ থাকে তাহা কোক্।

ইহা উত্তম জ্বালানি হিসাবে, ধাতু নিষ্কাশনে বিজারক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। প্রোডিউসার গ্যাস, ওয়াটার গ্যাস প্রভৃতি উৎপাদনেও ইহা ব্যবহৃত হয়।

দ্রষ্টব্য : কয়লার অন্তর্ধূম পাতনকে কয়লার অঙ্গারীকরণ (carbonisation of coal) বলা হয়। পাতনের তাপমাত্রার উপর উৎপন্ন পদার্থগুলির গঠনকাঠামো ও পরিমাণ বহুলাংশে নির্ভরশীল।

যখন এইরূপ পাতনে 600—650°C তাপমাত্রা ব্যবহৃত হয়, তখন তাহাকে স্বল্প তাপে অঙ্গারীকরণ (low temperature carbonisation) বলে। আবার 1000°—1200°C তাপ-মাত্রায় পাতন সম্পন্ন করিলে উহা উচ্চ তাপমাত্রায় অঙ্গারীকরণ (High temperature carbonisation)। দুই পদ্ধতিতেই কোল গ্যাস, আলকাতরা, কোক উৎপন্ন হয়, তবে উৎপন্ন দ্রব্যগুলির পরিমাণ ও গুণগত পার্থক্য দেখা যায়।

নিম্ন তাপমাত্রার অঙ্গারীকরণে যে কোল গ্যাস পাওয়া যায়, তাহা পরিমাণে কিছু কম হইলেও জ্বালানী হিসাবে ভাল হইবে। ইহার তাপ উৎপাদনের ক্ষমতা, তাপনমূল্য বেশী হয়। এই প্রক্রিয়ায় অধিক কোলটার পাওয়া যায় এবং উহাতে অ্যালিফেটিক বা প্যারাফিন হাইড্রো কার্বনের পরিমাণ খুব বেশী থাকে। ইহাকে পাতিত করিয়া তরল হাইড্রোকার্বনরূপে মোটর গাড়ীর জ্বালানী-তৈল পাওয়া যায়। অধিকন্তু, এই পদ্ধতিতে প্রাপ্ত কোক অপেক্ষাকৃত নরম, সহজদাহ্য এবং জ্বলিবার সময় ধোঁয়ার সৃষ্টি করে না। ফলে ইহা গৃহস্থালীর জ্বালানী হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

পক্ষান্তরে উচ্চ তাপমাত্রায় অঙ্গারীকরণকালে উপজাত হিসাবে প্রাপ্ত কোলটারে অ্যারোমেটিক যৌগ বেশী থাকে এবং ইহাকে আংশিক পাতন করিয়া বেঞ্জিন, টলুইন, ফেনল, ন্যাপথ্যালিন ইত্যাদি পাওয়া যায়। এই পদ্ধতিতে প্রাপ্ত কোক শক্ত এবং ধোঁয়া-সহ জ্বলে। উহা ধাতুনিষ্কাশনে বিজারকরূপে এবং জ্বালানি হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্নাবলী

প্রথম পত্র—প্রথম পর্ব

প্রথম অধ্যায়

1. রসায়নশাস্ত্র বলিতে আমরা কি বুঝি? রসায়নের ইংরেজী প্রতিশব্দ কেমিষ্ট্রি শব্দের উৎপত্তি সম্বন্ধে কি জান? রসায়ন একটি পরীক্ষা সাপেক্ষ বিজ্ঞান—ব্যাখ্যা কর।

2. নিম্নলিখিত পদগুলির সংজ্ঞা লিখ : (ক) মৌলিক পদার্থ (খ) যৌগিক পদার্থ (গ) মিশ্রণ (ঘ) তাপ-মোচী এবং তাপ-গ্রাহী যৌগ।

3. আয়রন ও সালফারের মিশ্র ও যৌগিক পদার্থের মূলগত পার্থক্য তালিকার আকারে সাজাইয়া বর্ণনা কর।

4. উপযুক্ত কারণসহ নীচের পদার্থগুলিকে মৌলিক, যৌগিক এবং মিশ্রণে ভাগ কর :—জল, চিনি, চিনির জল, আয়রনচূর্ণ, কার্বন, ফেরাস সালফাইড, মরিচা, বারুদ, বায়ু, দুধ, খাদ্য লবণ, অক্সিজেন, বাতান্বিত জল।

5. দ্রবণে যৌগের অনেক ধর্ম বর্তমান, তথাপি দ্রবণ একটি মিশ্রণ, রাসায়নিক যৌগ নহে। এই উক্তির সত্যতা বিচার কর।

দ্বিতীয় অধ্যায়

I

1. সূত্র, প্রকল্প ও বাদ বলিতে কি বুঝায়? সূত্র ও প্রকল্পের মধ্যে পার্থক্য কি?

2. রাসায়নিক সংযোগ-সূত্রগুলি উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। পরমাণুর সহিত এই সূত্রগুলির সম্পর্ক বুঝাইয়া দাও।

3. বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার রাসায়নিক সংযোগের একটি মূলসূত্র দেন—সেই সূত্রটি কি? ইহা বিবৃত কর। ডালটনের পরমাণুবাদের সাহায্যে সূত্রটি কিভাবে ব্যাখ্যা করিবে?

4. ভরের নিত্যতা সূত্রটি বিবৃত কর। (অ) একটি মোমবাতি খোলা বায়ুতে জ্বালাইলে ইহার ওজন কমে। (আ) একখন্ড কর্পূর খোলা অবস্থায় বায়ুতে রাখিলে উহার ওজন হ্রাস হয়। (ই) ম্যাগনেসিয়াম বায়ুতে পোড়াইলে ইহার ওজন বৃদ্ধি পায়। (ঈ) একখন্ড আয়রন আর্দ্র বাতাসে রাখিলে ইহার ওজন বাড়ে। এই ঘটনাগুলি কিভাবে ব্যাখ্যা করিবে? এই ঘটনাগুলি ভরের নিত্যতা সূত্রের সহিত বিরুদ্ধাচরণ করে না—প্রমাণ কর।

5. স্থিরানুপাত সূত্র বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর। একটি উদাহরণ দ্বারা দেখাও যে ইহার বিপরীত বিবৃতিটি সর্বদা সত্য হয় না।

6. গুণানুপাত সূত্রটি কি? কার্বন ও অক্সিজেনের যৌগ অথবা নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন-ঘটিত যৌগের সাহায্যে এই সূত্রের সত্যতা যাচাই কর। স্থিরাণুপাত এবং গুণানুপাত সূত্র দুইটি কয়েকটি বিশেষ ক্ষেত্রে ত্রুটীমুক্ত নহে। যুক্তি দ্বারা উক্তিটি সমর্থন কর।

7. গুণানুপাত সূত্র ও মিথোনুপাত সূত্র দুইটি লিখ। প্রতি ক্ষেত্রে দুইটি উদাহরণের সাহায্যে উহাদের ব্যাখ্যা কর। গে লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র বিবৃত কর এবং উদাহরণ দাও। রাসায়নিক সংযোগ সূত্রগুলির অন্যান্য সূত্র হইতে ইহার মূলগত পার্থক্য কি?

8. মিথোনুপাত সূত্রকে তুল্যাঙ্ক অনুপাত সূত্রও বলা যাইতে পারে—ব্যাখ্যা কর।

9. ডালটনের মতানুসারে পরমাণুর সংজ্ঞা কি? ডালটন পরমাণুবাদের মূল কথাগুলি কি কি? পরমাণুর গঠন সম্বন্ধে আধুনিক ধারণার সঙ্গে ইহার প্রভেদ কোথায়? ইহার ভিত্তিতে ভরের নিত্যতা সূত্র, গুণানুপাত সূত্র এবং মিথোনুপাত সূত্র কিভাবে ব্যাখ্যা করা যায়?

10. টীকা লিখ : (ক) পরমাণু (খ) পারমাণবিক গুরুত্ব (গ) গ্রাম-পরমাণু। "ক্লোরিনের পারমাণবিক গুরুত্ব 35·5" এই উক্তির ব্যাখ্যা কর। মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব নিরূপণে অক্সিজেনকে হাইড্রোজেনের পরিবর্তে একক বা প্রমাণ বস্তু হিসাবে ধরা হইয়াছিল কেন? পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ের আধুনিক একক কি?

11. পারমাণবিক ভর একক (a.m.u) বলিতে কি বুঝায়? অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব 16, কিভাবে গ্রাম হিসাবে উহার এক পরমাণুর ওজন নির্ণয় করা যাইবে? 1 a.m.u বা 1 পারমাণবিক ভর এককের মান নির্ণয় কর।

II

12. প্রমাণ কর—নিম্নলিখিত ফলগুলি স্থিরানুপাত সূত্র সমর্থন করে : (ক) 1 গ্রাম ধাতব কপারকে নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণটি ধীরে ধীরে বাষ্পায়িত করা হইল। কঠিন অবশেষ তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে 1·252 গ্রাম কিউপ্রিক অক্সাইড পাওয়া যায়। (খ) 1·375 গ্রাম কিউপ্রিক অক্সাইডকে হাইড্রোজেন গ্যাসে উত্তপ্ত করিলে কপার উৎপন্ন হয় 1·098 গ্রাম।

13. তিনটি বিভিন্ন উৎস হইতে সোডিয়াম ক্লোরাইড সংগ্রহ করিয়া বিশ্লেষণ করিলে নিম্নলিখিত ফল পাওয়া যায় :—যথা (ক) 1·6 গ্রাম সোডিয়াম ক্লোরাইডে 0·970 গ্রাম ক্লোরিন আছে। (খ) 5 গ্রাম সোডিয়াম ক্লোরাইডে 3·034 গ্রাম ক্লোরিন আছে। (গ) 2·65 গ্রাম সোডিয়াম ক্লোরাইডে 1·608 গ্রাম ক্লোরিন আছে। উক্ত ফল কোন্ রাসায়নিক সংযোগসূত্র সমর্থন করে?

14. (ক) বিশুদ্ধ সিলভার ক্লোরাইড বিশ্লেষণ করিয়া জানা গেল উহাতে 75·26% সিলভার আছে। স্থিরানুপাত সূত্র স্বীকার করিয়া 15 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড তৈয়ারী করিতে কত গ্রাম সিলভার প্রয়োজন বল। [উঃ 11·289]

(খ) কপার সালফেট কেলাসে 25·45% কপার এবং 36·07% জল বর্তমান। যদি স্থিরানুপাত সূত্র সঠিক হয় তবে 8·316 গ্রাম কপার সালফেট কেলাস প্রস্তুত করিতে কি পরিমাণ কপার ব্যবহার করিতে হইবে? উক্ত পরিমাণ কেলাসে কি পরিমাণ জল থাকিবে?

[উঃ প্রয়োজনীয় কপার=2·116 গ্রাম ; জলের পরিমাণ=2·999 গ্রাম।]

15. (ক) 0·12 গ্রাম একটি ধাতু বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে 0·20 গ্রাম অক্সাইড উৎপন্ন করে। (খ) ঐ ধাতুর কার্বনেট এবং নাইট্রেটে ধাতুর শতকরা পরিমাণ যথাক্রমে 28·5 এবং 16·2। স্থিরানুপাত সূত্র প্রয়োগ করিয়া 1·00 গ্রাম ধাতব কার্বনেট এবং 1 গ্রাম নাইট্রেট উত্তপ্ত করিলে কত গ্রাম ধাতব অক্সাইড পাওয়া যাইবে দেখাও।

[উঃ কার্বনেট হইতে 0·475 গ্রাম এবং নাইট্রেট হইতে 0·270 গ্রাম]

(খ) ফেরাস সালফাইডকে বিশ্লেষণ করিয়া দেখা গেল উহাতে 36·45% সালফার আছে। 1 গ্রাম আয়রন ও 2 গ্রাম সালফারের একটি মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া কত গ্রাম ফেরাস সালফাইড পাওয়া যাইবে? আয়রন এবং সালফার দুইটি মৌলই কি সম্পূর্ণ ভাবে নিঃশেষিত হইবে? [উঃ FeS-1·574 গ্রাম এবং অবিকৃত S-1·426 গ্রাম]

16. আয়রনের দুইটি ক্লোরাইড যৌগে ক্লোরিনের পরিমাণ 65·6% এবং 55·9%. এই ফলগুলি রসায়নশাস্ত্রের একটি মূল সংযোগসূত্রের সমর্থক। সেই সূত্রটি বিবৃত কর।

17. বিশ্লেষণ দ্বারা দেখা গেল (অ) নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের তিনটি যৌগে হাইড্রোজেনের শতকরা ওজন পরিমাণ যথাক্রমে 17·65, 12·5 এবং 2·33। (আ) নাইট্রোজেনের দুইটি অক্সাইডে নাইট্রোজেনের শতকরা পরিমাণ (ওজন হিসাবে) যথাক্রমে 63·65 এবং 46·68 (ই) দুইটি হাইড্রোকার্বনে (ওজন হিসাবে) কার্বনের শতকরা পরিমাণ যথাক্রমে 75 এবং 80 এবং (ঈ) একটি ধাতুর দুইটি ক্লোরাইড যৌগে ওজন হিসাবে যথাক্রমে 35·9% ও 52·8% ক্লোরিন বিদ্যমান। দেখাও যে উপরের ফলগুলি একটি রাসায়নিক সংযোগসূত্রের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য।

একটি ধাতুর তিনটি অক্সাইড আছে। ইহাদের প্রত্যেকটির 1 গ্রাম বিজারিত করিলে 0·928, 0·906 এবং 0·866 গ্রাম ধাতু পাওয়া যায়। দেখাও যে তথ্যগুলি গুণানুপাত সূত্রসম্মত।

18. লেডের চারিটি অক্সাইডে মৌল উপাদানগুলির ওজন নিম্নরূপ :

	লেড	অক্সিজেন
(ক) লেড সাব-অক্সাইড	5·108	0·20
(খ) লেড মনোক্সাইড	1·2975	0.10
(গ) লেড সেস্কুক্সাইড	6·5008	0·75
(ঘ) লেড পার-অক্সাইড	8·110	1·2525

দেখাও যে, উপরের তথ্যগুলি গুণানুপাত সূত্রের সমর্থক।

19. কোন ধাতুর একটি অক্সাইডের 0·5 গ্রাম লইয়া হাইড্রোজেন গ্যাসের মধ্যে উত্তপ্ত করিলে 0·1687 গ্রাম জল উৎপন্ন হয়। ঐ ধাতুটির দ্বিতীয় অক্সাইডের 0·4 গ্রাম ঐ রূপ বিক্রিয়ায় 0·100 গ্রাম জল উৎপন্ন করে। দেখাও যে ফল গুণানুপাত সূত্রের সমর্থক।

20. আয়রনের তিনটি অক্সাইডে আয়রন এবং অক্সিজেনের পরিমাণ নিম্নে দেওয়া হইল।

	আয়রন	অক্সিজেন
(১)	77·78%	22·22%
(২)	70·00%	30·00%
(৩)	72·42%	27·58%

এই পরিমাণ গুণানুপাত সূত্রসম্মত—প্রমাণ কর।

21. 1·0 গ্রাম কপারকে নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণ বাষ্পীভূত করা হইল। অবশেষে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিয়া 1·25 গ্রাম কিউপ্রিক অক্সাইড পাওয়া গেল। 1·0 গ্রাম কিউপ্রাস অক্সাইডকে হাইড্রোজেন গ্যাসে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিয়া 0·888 গ্রাম কপার পাওয়া গেল। দেখাও, উক্ত ফলগুলি গুণানুপাত সূত্রসম্মত।

22. লেডের বিভিন্ন অক্সাইডকে হাইড্রোজেন গ্যাসে উত্তপ্ত করিয়া নিম্নরূপ ফল পাওয়া গেল : (ক) 1·393 গ্রাম লিথার্জ হইতে 1·293 গ্রাম লেড পাওয়া যায়। (খ) 2·173 গ্রাম লেড পার-অক্সাইড হইতে 1·882 গ্রাম লেড পাওয়া যায়। (গ) 1·712 গ্রাম রেড লেড হইতে 1·552 গ্রাম লেড পাওয়া যায়। দেখাও যে পরীক্ষার ফল গুণানুপাত সূত্র সমর্থন করে।

23. কোন ধাতুর তিনটি অক্সাইড a, b, এবং c কে পৃথকভাবে হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করা হইল যতক্ষণ না অবশেষের ওজন নিত্য হয়। প্রতি ক্ষেত্রেই উৎপন্ন জলের ওজন লওয়া হইল। যে ফল পাওয়া যায় তাহা (অ) a হইতে 8·07% (আ) b হইতে 11·61% (ই) c হইতে 15·05% জল। দেখাও যে এই ফলগুলি গুণানুপাত সূত্রের উদাহরণ।

24. তিনটি যৌগের নিম্নে প্রদত্ত বিশ্লেষণ ফলগুলি একটি রাসায়নিক সূত্রসম্মত ইহা প্রমাণ কর।

মিথেন	কার্বন মনোক্সাইড	জল
C=75%	C=42·86%	H=11·11%
H=25%	O=57·14%	O=88·89%

25. (ক) নাইট্রিক অক্সাইডে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজন হিসাবে শতকরা মাত্রা যথাক্রমে 46·67 এবং 53·33। (খ) জলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের শতকরা মাত্রা 11·21 এবং 88·79। (গ) অ্যামোনিয়াতে হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেনের শতকরা মাত্রা 17·78 এবং 82·22। দেখাও যে, উপরোক্ত যৌগিক পদার্থগুলির সংযুতি মিথোনুপাত সূত্রসম্মত।

26. হাইড্রোজেন সালফাইডে 5·85% হাইড্রোজেন ও 94·15% সালফার, জলে 11·11% হাইড্রোজেন ও 88·89% অক্সিজেন এবং সালফার ডাই-অক্সাইডে 50% সালফার ও 50% অক্সিজেন আছে। এই ফলাফল কোন্ রাসায়নিক সংযোগসূত্র সমর্থন করে?

27. তিনটি পরীক্ষার ফল নিম্নে দেওয়া হইল :

(ক) 0·12 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম হইতে 0·20 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড পাওয়া যায়,

(খ) 0·6 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম কোন অ্যাসিড হইতে প্রমাণ অবস্থায় 560 c.c. হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে,

(গ) 0·63 গ্রাম জল উৎপাদনের জন্য 0·56 গ্রাম অক্সিজেন প্রয়োজন হয়। এই সকল ফলাফল হইতে কোন্ সংযোগসূত্র ব্যাখ্যা করিতে পার?

28. একটি যৌগে নাইট্রোজেন 5·37% আছে। এই যৌগের সর্বনিম্ন আণবিক গুরুত্ব কত হইতে পারে? [উঃ 260·7]

29. (ক) নিম্নলিখিত উপাত্ত হইতে 'X' মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় সম্ভব কি?

XNO_2 যৌগের 85 গ্রামে 32 গ্রাম অক্সিজেন, এবং 14 গ্রাম নাইট্রোজেন আছে। (নাইট্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব=14·0)

(খ) প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 100 c.c. হাইড্রোজেনের সহিত 150 c.c. ক্লোরিনের বিক্রিয়া ঘটানো হইল। বিক্রিয়াজাত হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তন নির্ণয় কর। কত আয়তর ক্লোরিন অপরিবর্তিত থাকিবে?

তৃতীয় অধ্যায়

I

1. ডালটনের পরমাণুবাদের সাহায্যে যে রাসায়নিক সংযোগসূত্রটি ব্যাখ্যা করা যায় না তাহা বিবৃত কর। এই সূত্র হইতে কিভাবে অণু ও পরমাণুর পার্থক্য নির্ধারণ করা হয়?

2. যে প্রকল্প গে লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র ও ডালটনের পরমাণুবাদের মধ্যে সমন্বয় সাধন করে তাহা বিবৃত কর। রসায়নশাস্ত্রে এই প্রকল্পের সার্থকতা সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

3. অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প কি? উপযুক্ত উদাহরণসহ উহা ব্যাখ্যা কর। এই প্রকল্পের সাহায্যে কিভাবে গে লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রটি ব্যাখ্যা করা যায়? যদি কোন পদার্থের বাষ্পীয় ঘনত্ব 22·0 হয়, তাহা হইলে ঐ পদার্থের আণবিক গুরুত্ব 44·0। অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প সাহায্যে ইহা কিভাবে প্রমাণ করা যায়?

4. কি কি কারণে অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প গৃহীত হইয়াছে? অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের পরিপ্রেক্ষিতে ডালটন পরমাণুবাদ কিভাবে সংশোধন করা হয়?

5. (ক) মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে অ্যাভোগাড্রো সূত্র প্রয়োগ একটি উপযুক্ত দৃষ্টান্ত দ্বারা বুঝাইয়া দাও। (খ) উপযুক্ত উদাহরণসহ দেখাও যে এই সূত্রের সাহায্যে গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক সংকেত নির্ণয় করা যায়।

6. "একই উষ্ণতা ও চাপে সমায়তন সকল গ্যাসে সমসংখ্যক পরমাণু বিদ্যমান।" প্রকৃত পরীক্ষা বার্জেলিয়াসের এই সিদ্ধান্ত সমর্থন করে না। কিভাবে এবং কাহার দ্বারা এই উক্তিটি সংশোধিত হয়?

7. অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর। কি কি প্রয়োজনীয় অনুসিদ্ধান্ত এই প্রকল্প হইতে পাওয়া যায়? অন্ততঃ দুইটি অনুসিদ্ধান্তের বিষয় বিস্তারিত-ভাবে আলোচনা কর।

8. টীকা লিখ : (ক) অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প ও অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা (খ) অণু ও পরমাণু (গ) গ্রাম-অণু ও গ্রাম-পরমাণু (ঘ) আণবিক গুরুত্ব ও গ্রাম-আণবিক গুরুত্ব।

9. দেখাও : (ক) এক গ্রাম-অণু যে কোন গ্যাসে সমসংখ্যক অণু থাকে। (খ) কোন গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব ইহার বাষ্পীয় ঘনত্বের দ্বিগুণ। (গ) একটি হাইড্রোজেন অণুতে অন্ততঃ দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু আছে। (ঘ) ঘনত্ব ও বাষ্পীয় ঘনত্ব সমার্থক নহে। (ঙ) অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প গে লুসাকের গ্যাসায়তন ব্যাখ্যা করে। (চ) অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প ডালটনের পরমাণুবাদকে পরিবর্তিত করে।

10. প্রদত্ত পর্যবেক্ষণ হইতে উল্লিখিত গ্যাসগুলির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর : (ক) দুই আয়তন হাইড্রোজেন ও এক আয়তন অক্সিজেনের রাসায়নিক সংযোগে 2 আয়তন স্টীম উৎপন্ন হয়। স্টীমের বাষ্পীয় ঘনত্ব=9·0। (খ) সালফার ডাই-অক্সাইডে সমায়তন পরিমাণ অক্সিজেন আছে। সালফার ডাই-অক্সাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব=32·0। (গ) এক আয়তন কার্বন মনোক্সাইডে ইহার অর্ধ আয়তন পরিমাণ অক্সিজেন আছে। কার্বন মনোক্সাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব=14। (ঘ) দুই আয়তন নাইট্রিক অক্সাইডে এক আয়তন পরিমাণ অক্সিজেন আছে। নাইট্রিক অক্সাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব=15।

11. এক অণু অক্সিজেনের আণবিক ওজন এবং প্রকৃত ওজনে পার্থক্য কি? গ্রাম-আণবিক ওজন এবং গ্রাম-আণবিক আয়তন বলিতে কি বুঝায়? নিম্নলিখিত

পদার্থগুলির গ্রাম-আণবিক ওজন কত এবং প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে উহাদের গ্রাম-আণবিক আয়তন কত? (ক) কার্বন ডাই-অক্সাইড (খ) অক্সিজেন (গ) ক্লোরিন (ঘ) হাইড্রোজেন।

12. একটি মৌল অনেকগুলি গ্যাসীয় ও উদ্বায়ী যৌগ গঠন করে। মৌলটির আনুমানিক পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে প্রচলিত পদ্ধতিটি আলোচনা কর এবং পদ্ধতিটির মূল নীতি হইতে পারমাণবিক গুরুত্বের একটি সংজ্ঞা লিখ।

II

12. (ক) প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় কোন গ্যাসের এক লিটারের ওজন 3·17 গ্রাম। গ্যাসটির আণবিক গুরুত্ব কত? [উঃ 71]

(খ) 3·2 গ্রাম সালফার ডাই-অক্সাইড প্রমাণ অবস্থায় 1120cc. আয়তন দখল করে। গ্যাসটির আণবিক গুরুত্ব কত? [উঃ 64]

13. প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 1 গ্রাম হাইড্রোজেনের আয়তন কত নির্ণয় কর। এই অবস্থায় এক লিটার গ্যাসে কতটি হাইড্রোজেন অণু বর্তমান?
[উঃ 11·2 লিটার ; $2{\cdot}68 \times 10^{22}$]

14. প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 1 গ্রাম ওজনের কোন গ্যাসের আয়তন 500 c.c.। গ্যাসটির আণবিক গুরুত্ব কত? [উঃ 44·8]

15. O°C উষ্ণতা এবং 76 cm মার্কারী চাপে 20 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন কত?

16. কোন গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব 44। ঐ গ্যাসের ঘনত্ব (গ্রাম/লিটার) বাহির কর। [উঃ 1·98 গ্রাম/লিটার]

17. 11 গ্রাম ওজনের নাইট্রোজেনের একটি অক্সাইড হইতে 5·6 লিটার নাইট্রোজেন পাওয়া যায়, আবার 15 গ্রাম ওজনের অপর একটি নাইট্রোজেন অক্সাইড হইতে একই অয়তনের নাইট্রোজেন পাওয়া গেল (সমস্ত ফল প্রমাণ চাপ ও তাপ-মাত্রায় ধরা হইয়াছে)। প্রমাণ কর, এই ফল গুণানুপাত সূত্রানুযায়ী হইয়াছে।

18. O°C তাপমাত্রা এবং 722 mm. চাপে 20 লিটার কার্বন মনোক্সাইডের ওজন কত?

19. 27°C তাপমাত্রা ও 760 mm. চাপে 0·034 গ্রাম কোন গ্যাস 30 c.c. আয়তন স্থান অধিকার করে। গ্যাসটির আণবিক গুরুত্ব কত? [27·89]

20. 27°C তাপমাত্রা ও 780 mm. চাপে এক লিটার গ্যাসের ওজন 1·215 গ্রাম। গ্যাসটির আণবিক গুরুত্ব কত? [উঃ 29·13]

21. 120°C উষ্ণতায় এবং 87·3 cm চাপে 0·476 লিটার কোন গ্যাসে কত গ্রাম-অণু গ্যাস আছে? ঐ অবস্থায় ইহাতে গ্যাসের কত অণু আছে?
[উঃ 0·017, $1{\cdot}02 \times 10^{22}$]

[**নির্দেশ** : 18, 20, 21 নং প্রশ্ন সমাধান করিতে সম্মিলিত গ্যাস সমীকরণের সাহায্য প্রয়োজন হইবে।]

22. প্রমাণ অবস্থায় 1 c.c. অক্সিজেন গ্যাসে ইহার অণুর সংখ্যা কত? অক্সিজেনের আণবিক ওজন এবং এক অণু অক্সিজেনের প্রকৃত ওজন কত?

23. (ক) এক মোল সোডিয়াম এবং এক মোল অক্সিজেনের মধ্যে কোনটি ভারী?

(খ) 0·635 গ্রাম ওজনের এক টুকরো কপারের মধ্যে কত পরমাণু কপার আছে? [উঃ $6{\cdot}023 \times 10^{21}$]

(গ) 0·90 গ্রাম জলের মধ্যে অক্সিজেনের পরমাণুর সংখ্যা কত? [W.B.H.S. 1978]

(ঘ) 0·50 গ্রাম ওজনের জলের মধ্যে কত অণু জল বর্তমান? [W.B.H.S. (Voc) 1978]

(ঙ) 4 গ্রাম কার্বনে উপস্থিত পরমাণু অপেক্ষা 10 গুণ পরমাণু কি পরিমাণ কপারে থাকিবে?

24. প্রতি ক্ষেত্রে সঠিক উত্তর বাহির কর :

(ক) নিম্নলিখিত কোন্‌টির মধ্যে সবচেয়ে বেশী সংখ্যক পরমাণু বিদ্যমান— (অ) 0·50 গ্রাম-পরমাণু কপার (আ) $1{\cdot}0\times10^{23}$ পরমাণু কপার (ই) 0·635 গ্রাম কপার। [উঃ 0·50 গ্রাম-পরমাণু কপার]

(খ) নিম্নলিখিত কোন্‌টির মধ্যে সবচেয়ে কম সংখ্যক অণু বিদ্যমান? (অ) প্রমাণ অবস্থায় 11·2 লিটার SO_2 গ্যাস। (আ) এক গ্রাম-অণু SO_2 গ্যাস। (ই) 1×10^{23} অণু SO_2 গ্যাস। [উঃ 1×10^{23} অণু]

25. জলের ঘনত্ব 1 গ্রাম/c.c. ধরিয়া এক অণু জলের আয়তন নির্ণয় কর। অক্সিজেন পরমাণু জলের অণুতে জলের আয়তনের প্রায় অর্ধেক দখল করিলে অক্সিজেন পরমাণুর আনুমানিক ব্যাস নির্ণয় কর। [উঃ $2{\cdot}99\times10^{-23}$ml. ; $3{\cdot}056\times10^{-8}$cm.]

26. বিশ্লেষণ দ্বারা দেখা গেল, কোন ফসফরাস যৌগে শতকরা 0·062 ভাগ ফসফরাস আছে। যদি যৌগের প্রতি অণুতে এক পরমাণু ফসফরাস থাকে তবে যৌগটির আণবিক গুরুত্ব কত? [উঃ 50,000]

27. কোন মৌলের (X) একটি পরমাণুর ওজন $6{\cdot}044\times10^{-23}$ গ্রাম হইলে 40 কি. গ্রা. ঐ মৌলে কত গ্রাম-পরমাণু মৌল আছে? [উঃ 1000]

28. নিম্নলিখিত সারণি পূর্ণ কর :

মৌল বা যৌগ	ভর (গ্রাম)	গ্রাম-পরমাণু সংখ্যা	ক্ষুদ্রতম কণার সংখ্যা
সোডিয়াম	9·2		
আয়রন			2×10^{21}
সিলভার		5·5	
কপার	2·54		
কার্বন		6×10^{-2}	
হাইড্রোজেন (H_2)	0·2		
সালফিউরিক অ্যাসিড			$6{\cdot}02\times10^{23}$
জল	0·4		

চতুর্থ অধ্যায়

I

1. "চিহ্ন, সঙ্কেত এবং সমীকরণ মাত্রেই আদিক ও মাত্রিক দুইটি অর্থ প্রকাশ করে"—উপযুক্ত উদাহরণ দ্বারা এই উক্তির সত্যতা প্রমাণ কর।

2. উদাহরণসহ সংজ্ঞা লিখ : (ক) চিহ্ন (খ) সঙ্কেত (গ) যোজ্যতা (ঘ) মূলক (ঙ) রাসায়নিক সমীকরণ (চ) স্থূল সঙ্কেত ও আণবিক সঙ্কেত।

3. যোজ্যতা কাহাকে বলে? একাধিক যোজ্যতা আছে ঐরূপ একটি ধাতু এবং একটি অধাতু উল্লেখ কর। ইহাদের অক্সাইড ও ক্লোরাইডের সঙ্কেত লিখ। আবেগ বডল্যান্ডার নিয়ম কি?

4. (ক) যোজ্যতা বলিতে কি বুঝায়? যোজ্যতা-নির্ধারণে হাইড্রোজেনের যোজ্যতাকে প্রমাণ হিসাবে ধরা হয় কেন? যোজ্যতা কি সর্বদা অপরিবর্তনীয়?
(খ) $2Al+3H_2SO_4=Al_2(SO_4)_3+3H_2$; এই সমীকরণ হইতে অ্যালুমিনিয়ামের যোজ্যতা কত নির্ধারণ করা যায় কি?
(গ) ফসফরিক অ্যাসিডের সঙ্কেত H_3PO_4। একটি ধাতুর (M) ক্লোরাইডের সঙ্কেত MCl_2 হইলে ঐ ধাতুর ফসফেটের সঙ্কেত কি?

5. রাসায়নিক সমীকরণ কাহাকে বলে? ইহা রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্বন্ধে কি কি তথ্য প্রকাশ করে? ইহার সীমাবদ্ধতা কি?

6. নিম্নলিখিত সমীকরণগুলি হইতে কি কি জানা যায় এবং কি কি জানা যায় না?
(ক) $2H_2+O_2=2H_2O$; (খ) $C+O_2=CO_2$; (গ) $CaCO_3+2HCl=CaCl_2+CO_2+H_2O$; (ঘ) $Mg+H_2SO_4=MgSO_4+H_2$; (ঙ) $CaCO_3=CaO+CO_2$।

7. রাসায়নিক সমীকরণের উভয় দিকের সামঞ্জস্য বিধান করা প্রয়োজন কেন? নিম্নলিখিত সমীকরণগুলির সামঞ্জস্য বিধান কর :
(ক) $Ca(OH)_2+HCl \rightarrow CaCl_2+H_2O$; (খ) $FeCl_3+SnCl_2 \rightarrow FeCl_2+SnCl_4$; (গ) $Al_2O_3+H_2SO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3+H_2O$;
(ঘ) $HNO_3+H_2S \rightarrow NO+S+H_2O$; (ঙ) $Fe+H_2O \rightarrow Fe_3O_4+H_2$;
(চ) $Na_2O_2+H_2O \rightarrow NaOH+H_2O_2$;
(ছ) $MnO_2+HCl \rightarrow MnCl_2+Cl_2+H_2O$.

8. "রাসায়নিক সমীকরণ রাসায়নিক বিক্রিয়ার অনেক তথ্য ব্যক্ত করে, আবার ইহা হইতে বিক্রিয়ার অনেক প্রয়োজনীয় তথ্য জানা যায় না।" দুইটি উদাহরণসহ এই বিষয়ের উপর মন্তব্য লিখ।

9. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলি চিহ্ন, সঙ্কেত ও সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ কর।
(ক) ফসফরাস অক্সিজেনে উত্তপ্ত করিলে ফসফরাস পেন্টোক্সাইড উৎপন্ন হয়। (খ) অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড ও সালফিউরিক অ্যাসিডের পারস্পরিক বিক্রিয়ায় অ্যালুমিনিয়াম সালফেট ও জল উৎপন্ন হয়। (গ) উপযুক্ত অবস্থায় সালফার ডাই-অক্সাইড অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইড দেয়. (ঘ) ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রোজেনে উত্তপ্ত করিলে ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড উৎপন্ন হয়, উহা জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অ্যামোনিয়া ও ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রোক্সাইড গঠন করে। (ঙ) আয়রন ও সালফারকে উত্তপ্ত করিলে ফেরাস সালফাইড গঠিত হয়। (চ) ক্যালসিয়াম ধাতু জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ক্যালসিয়াম হাইড্রোক্সাইড গঠন করে

এবং হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়। (ছ) উপযুক্ত অবস্থায় অ্যামোনিয়া ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বিক্রিয়া করিয়া অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে, যাহা আবার উত্তাপ প্রয়োগে অ্যামোনিয়া ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড দিতে পারে। (জ) কপার সালফেট দ্রবণে আয়রনচূর্ণ যোগ করিলে কপার অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং ফেরাস সালফেট গঠিত হয়। (ঝ) ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণে স্টানাস ক্লোরাইড দ্রবণ যোগ করিলে ফেরাস ক্লোরাইড ও স্টানিক ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। (ঞ) পটাসিয়াম ক্লোরেটকে উত্তপ্ত করিলে পটাসিয়াম ক্লোরাইড ও অক্সিজেন পাওয়া যায়।

10. স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেত বলিতে কি বুঝায়? উহাদের মধ্যে সম্পর্ক কি? স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেত কখন অভিন্ন হয়? উপযুক্ত উদাহরণ দ্বারা বুঝাইয়া দাও।

11. (ক) সালফার ডাই অক্সাইডের "বাষ্প ঘনত্ব" 32—এই উক্তির অর্থ কি? অক্সিজেনের বাষ্প ঘনত্বকে একক ধরিলে সালফার ডাই অক্সাইডের বাষ্প ঘনত্ব কত হইবে?

(খ) গণনার দ্বারা দেখাও কার্বন ডাই-অক্সাইড বায়ু অপেক্ষা ভারী।

(গ) একই চাপ ও তাপমাত্রায় সম-আয়তনের কার্বন ডাই-অক্সাইড অ্যামোনিয়া হইতে কত গুণ ভারী? এখানে একইরূপ চাপ ও তাপমাত্রা ব্যবহার প্রয়োজন কেন?

II

1. (ক) $C+2H_2SO_4=CO_2+2H_2O+2SO_2$

19 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে কত গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় উপরের সমীকরণ সাহায্যে নির্ণয় কর।

(খ) 10 গ্রাম সালফার 10 গ্রাম অক্সিজেনে পুড়াইলে 20 গ্রাম সালফার ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়। তাহা হইলে 10 গ্রাম কার্বনকে 10 গ্রাম অক্সিজেনে পুড়াইলে 20 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যাইবে কি?

2. 1 কিলোগ্রাম Fe_2O_3-কে বিজারিত করিয়া কতখানি আয়রন পাওয়া যাইবে? [উঃ 700 গ্রাম]

3. 18 গ্রাম জলকে (ক) সোডিয়াম ধাতু বা (খ) তড়িৎবিশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় বিশ্লিষ্ট করিলে প্রতি ক্ষেত্রে কত গ্রাম হাইড্রোজেন পাওয়া যাইবে? [উঃ 1 গ্রাম ; 2 গ্রাম]

4. 60 গ্রাম ক্যালসিয়াম অক্সাইড এবং 100 গ্রাম নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় কত গ্রাম ক্যালসিয়াম নাইট্রেট উৎপন্ন হয়? [উঃ 13·16 গ্রাম।]

5. 18 গ্রাম জলীয় বাষ্প কত গ্রাম লৌহকে উহার অক্সাইডে পরিণত করিতে পারে? $(Fe=56)$ [উঃ 42 গ্রাম।]

6. লোহিত তপ্ত 112 গ্রাম লৌহচূর্ণের উপর দিয়া যথেষ্ট পরিমাণ স্টীম পরিচালনা করিলে কত ওজনের হাইড্রোজেন পাওয়া যাইবে? [উঃ 5·33 গ্রাম।]

7. স্টীম হইতে 50 গ্রাম হাইড্রোজেন প্রস্তুত করিতে সবচেয়ে কম কি পরিমাণ লৌহ দরকার হইবে? $(Fe=56)$ [উঃ 10·50 গ্রাম।]

8. 1 গ্রাম করিয় (ক) Hg (খ) $MgCO_3$ (গ) $NaHCO_3$ (ঘ) KNO_3 উত্তপ্ত করিলে প্রতি ক্ষেত্রে কতটা ওজন হ্রাস বা বৃদ্ধি পাইবে?

9. 47·6 গ্রাম পটাসিয়াম ব্রোমাইড হইতে সম্পূর্ণ ব্রোমিন নিষ্কাশিত করিতে কতটা ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড প্রয়োজন? $(Mn=55, Br=80)$ [উঃ 17·4 গ্রাম।]

10. 13·4 গ্রাম লেড কার্বনেট হইতে 16·6 গ্রাম লেড নাইট্রেড পাইতে হইলে কতখানি নাইট্রিক অ্যাসিড প্রয়োজন? [উঃ 15 গ্রাম।]

11. 200 গ্রাম মারকিউরিক অক্সাইড উত্তপ্ত করিয়া যে পরিমাণ অক্সিজেন পাওয়া যায় তাহা পাইতে হইলে কি পরিমাণ পটাসিয়াম ক্লোরেটকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিতে হইবে? [উঃ 37·808]

12. পটাসিয়াম ক্লোরেট ও বেরিয়াম পার-অক্সাইডের যে যে ওজন একই ওজনের অক্সিজেন উৎপাদিত করিবে তাহার অনুপাত নির্ণয় কর। ($K=39$, $Ba=137·36$) [উঃ 1 : 4·139]

13. 15·25 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট ও ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের একটি মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া 4·8 গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া গেল। মিশ্রণে অনুঘটক হিসাবে কত গ্রাম MnO_2 ব্যবহার করা হইয়াছিল? [উঃ 3·0 গ্রাম]

14. 24·5 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেটকে উত্তপ্ত করিয়া যে পরিমাণ অক্সিজেন পাওয়া যায় সেই পরিমাণ অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করিতে যে পরিমাণ হাইড্রোজেনের প্রয়োজন তাহা প্রস্তুত করিতে কত গ্রাম জিঙ্ক লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিবে? ($K=39, Zn=65, Cl=35·5$) [উঃ 39·0 গ্রাম]

15. 28 গ্রাম লৌহ ও লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় যে পরিমাণ হাইড্রোজেন পাওয়া যায়, ঐ পরিমাণ হাইড্রোজেন দ্বারা কত গ্রাম কিউপ্রিক অক্সাইডকে সম্পূর্ণ বিজারিত করা যাইবে? [উঃ 39·5 গ্রাম।]

16. 10 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিডে অতিরিক্ত দস্তার ছিবড়া দেওয়া হইল। এই বিক্রিয়ায় যে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইবে তাহা দ্বারা CuO-কে বিজারিত করিলে কত গ্রাম কপার পাওয়া যাইবে? [উঃ 6·48 গ্রাম।]

17. 6·4 গ্রাম সালফার পোড়াইয়া যে পরিমাণ SO_2 পাওয়া যায় উহার সমপরিমাণ SO_2 কপার ও সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে তৈয়ারী করিতে কতখানি অ্যাসিড প্রয়োজন হইবে?

18. 10 c.c. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের একটি দ্রবণে অতিরিক্ত পরিমাণ সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করায় 0·1435 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড পাওয়া যায়। এক লিটার ঐ অ্যাসিড দ্রবণে কত গ্রাম HCl ছিল? [উঃ 3·65 গ্রাম।]

19. একটি নমুনার হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (আপেক্ষিক ঘনত্ব 1·55) 15 গ্রাম মার্বেল পাথরের সহিত মিশ্রিত করা হইল। বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হইলে অবিকৃত মার্বেল পরিস্রাবণ করিয়া ধৌত ও শুষ্ক করিবার পর ইহার ওজন দেখা গেল 5·5 গ্রাম। অ্যাসিডের নমুনায় কতভাগ ওজনের হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড আছে? [উঃ 22·35]

20. এক গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম ও অতিরিক্ত সালফিউরিক অ্যাসিড বিক্রিয়া করিলে উদ্ভূত হাইড্রোজেনে অণুর সংখ্যা কত হইবে?

21. (ক) একটি মার্বেল পাথরে কিছু সিলিকা অশুদ্ধি হিসাবে আছে। ঐ মার্বেলের 1·5 গ্রাম পাথরের সহিত 3 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত করিয়া দেখা গেল বিক্রিয়া শেষে 1·575 গ্রাম অ্যাসিড অপরিবর্তিত আছে। মার্বেল পাথরে $CaCO_3$-এর শতকরা পরিমাণ কত ছিল? [উঃ 96·98%]

(খ) একটি মিশ্রণে $CaCO_3$ এবং CaO আছে। 20 গ্রাম ঐ মিশ্রণ উত্তপ্ত করিলে 6·6 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। মিশ্রণে $CaCO_3$-এর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। [উঃ 75%]

22. এক লিটার পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেট দ্রবণে 15·8 গ্রাম $KMnO_4$ দ্রবীভূত আছে। উপযুক্ত পরিমাণ SO_2 গ্যাস প্রবাহিত করিলে ঐ দ্রবণ বর্ণহীন হয়। আয়রন পাইরাইটিস (FeS_2) এর জারণে SO_2 প্রস্তুত করা হইল। বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত SO_2 প্রস্তুত করিতে কি পরিমাণ আয়রন পাইরাইটিস প্রয়োজন হইবে? [উঃ 15·0 গ্রাম।]

23. পটাসিয়াম ক্লোরেট ও ক্লোরাইডের 12 গ্রাম একটি মিশ্রণ তাপিত করিলে 3·8 গ্রাম অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। মিশ্রণে পটাসিয়াম ক্লোরেটের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।

[উঃ 80·8%]

24. পটাসিয়াম ক্লোরাইড ও সোডিয়াম ক্লোরাইডের 3·6 গ্রাম একটি মিশ্রণ সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ায় 7·74 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। মিশ্রণে প্রতিটি লবণের শতকরা পরিমাণ কত?

[উঃ NaCl=42·59%, KCl=57·41%]

25. পটাসিয়াম ক্লোরেট ও পটাসিয়াম ক্লোরাইডের 12 গ্রাম একটি মিশ্রণকে তাপিত করিবার পর 8·08 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরাইড পড়িয়া রহিল। মিশ্রণটিতে ক্লোরেট কত শতাংশ ছিল?

26. 4 গ্রাম সোডিয়াম বাই-কার্বনেট এবং সোডিয়াম কার্বনেটের একটি মিশ্রণকে তাপিত করাতে 0·464 গ্রাম ওজন হ্রাস হয়। মিশ্রণটিতে কতটুকু সোডিয়াম কার্বনেট ছিল?

[উঃ 2·714]

27. কপার ও সিলভারের 1 গ্রাম পরিমাণ ধাতুকে দ্রবীভূত করিতে 2·06 গ্রাম গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড প্রয়োজন হয়। ধাতব মিশ্রণে ধাতু দুইটির ওজন অনুপাত নির্ণয় কর।

28. 1·25 গ্রাম ওজনের কপার ও কিউপ্রিক অক্সাইডের একটি মিশ্রণকে হাইড্রোজেন গ্যাসে বিজারিত করিয়া 1·049 গ্রাম কপার পাওয়া গেল। মিশ্রণটিতে কপারের অনুপাত কিরূপ ছিল?

[Cu=63]

29. 10 গ্রাম জিঙ্ক 200 c.c. কপার সালফেটের জলীয় দ্রবণে যোগ করা হইল। সমস্ত কপার অধঃক্ষিপ্ত হওয়ার পর দেখা গেল সমস্ত জিঙ্ক দ্রবীভূত হয় নাই। কঠিন অবশেষ পরিস্রুত করিবার পর শুষ্ক করিয়া ওজন করিলে দেখা যায় উহা 9·810 গ্রাম। কি পরিমাণ কপার দ্রবণ হইতে অধঃক্ষিপ্ত হইল নির্ণয় কর।

[উঃ 6·35 গ্রাম।]

30. (ক) 0·6 গ্রাম খাদ্য-লবণে অতিরিক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ দিলে 1·37 গ্রাম AgCl পাওয়া যায়। খাদ্য-লবণে বিশুদ্ধ লবণের শতকরা পরিমাণ কত?

[উঃ 93·3%]

(খ) 2·64% সাধারণ লবণ দ্রবীভূত আছে এরূপ এক লিটার সমুদ্রের জল (আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·03) বাষ্পীভূত করা হইল। প্রাপ্ত সাধারণ লবণকে Na_2SO_4-এ রূপান্তরিত করিতে কতখানি H_2SO_4 প্রয়োজন হইবে?

[উঃ 2·277 গ্রাম।]

31. (ক) 1·84 গ্রাম ওজনের একটি মিশ্রণে $CaCO_3$ এবং $MgCO_3$ আছে। ঐ মিশ্রণকে উত্তপ্ত করা হইল এবং যতক্ষণ পর্যন্ত মিশ্রণের ওজন হ্রাস পাইতে থাকিল ততক্ষণ উত্তাপ দেওয়া হইতে লাগিল। শেষ পর্যন্ত অবশিষ্ট রহিল 0·96 গ্রাম। মিশ্রণে $CaCO_3$ ও $MgCO_3$-এর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।

[উঃ $CaCO_3$=54·35% ; $MgCO_3$=45·65%]

(খ) Na_2CO_3 এবং $NaHCO_3$-এর 3·00 গ্রাম একটি শুষ্ক মিশ্রণ উত্তপ্ত করিলে মিশ্রণের ওজন 0·348 গ্রাম হ্রাস পায়। ঐ মিশ্রণের 1 গ্রামের সহিত লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইলে কি পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যাইবে? [উঃ 0·449 গ্রাম]

32. 0·3031 গ্রাম ওজনের একটি মিশ্রণে NaCl এবং KCl আছে। মিশ্রণটিকে অতিরিক্ত গাঢ় H_2SO_4-সহ উত্তপ্ত করিবার পর যে সালফেট পাওয়া যায় তাহার ওজন 1·0784 গ্রাম। মিশ্রণের উপাদানের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।

[উঃ NaCl=54·7% এবং KCl=45·3%]

33. সমপরিমাণ মার্কারী ও আয়োডিন সম্পূর্ণভাবে বিক্রিয়া ঘটাইয়া মারকিউরাস এবং মারকিউরিক আয়োডাইডের একটি মিশ্রণ দেয়। উৎপন্ন মারকিউরাস ও মারকিউরিক আয়োডাইডের ওজনের অনুপাত নির্ণয় কর।

[উঃ মারকিউরাস : মারকিউরিক=1·936 : 1]

34. প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 2 লিটার অক্সিজেন প্রস্তুত করিতে কি পরিমাণ পটাসিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করিতে হইবে?

35. 0°C উষ্ণতা ও 760 mm. চাপে 10 লিটার অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করিতে কি পরিমাণ NH_4Cl প্রয়োজন হইবে?

36. 18 গ্রাম জলকে তড়িৎবিশ্লেষণ করিয়া কত গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া যাইবে? এই পরিমাণ অক্সিজেনের আয়তন কত হইবে? [উঃ 16 গ্রাম, 11·2 লিটার।]

37. 11 গ্রাম FeS হইতে উৎপন্ন H_2S-কে অক্সিজেনে জারিত করিয়া কত লিটার SO_2 0°C এবং 760 mm. চাপে পাওয়া যাইবে? [উঃ 2·8 লিটার।]

38. 1·8 ঘনত্ববিশিষ্ট কোন সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণে 89% বিশুদ্ধ সালফিউরিক অ্যাসিড আছে। সোডিয়াম সালফাইটের সহিত এই অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 2000 c.c. সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করিতে এই অ্যাসিড দ্রবণের কত আয়তন লাগিবে? [উঃ 5·462 c.c.]

39. 10°C তাপমাত্রা এবং 752 mm. চাপের 1 লিটার CH_4-কে জারিত করিতে কি ওজন পরিমাণ বাতাসের প্রয়োজন? (প্রমাণ অবস্থায়) 1 লিটার বাতাসের ওজন =1·293 গ্রাম।) [উঃ 11·75 গ্রাম।]

40. নাইট্রিক অ্যাসিড দ্রবণের মাত্রা 60% এবং উহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·46 হইলে উহার কত আয়তন 10 গ্রাম কিউপ্রিক অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করিবে? (Cu=63·5) [উঃ 18·09 c.c.]

41. একটি মার্বেল পাথরের নমুনায় কিছু সিলিকা মিশ্রিত ছিল। ঐ নমুনার 2·0 গ্রাম পাথরকে উত্তপ্ত করিলে প্রমাণ অবস্থায় 433·6 cc. কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়া গেল। মার্বেল পাথরটিতে $CaCO_3$ এর শতকরা কত ভাগ ছিল?

[উঃ 96·8% $CaCO_3$]

42. 1 গ্রাম আয়রনকে ফেরিক ক্লোরাইডে রূপান্তরিত করিয়া উহাকে জলে দ্রবীভূত করা হইল। প্রমাণ অবস্থায় কত আয়তন পরিমাণ H_2S গ্যাস দ্বারা উহাকে ফেরাস ক্লোরাইডে পরিণত করা সম্ভব?

43. প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 1 লিটার অক্সিজেন এবং 2 লিটার কার্বন মনোক্সাইডের বিক্রিয়ায় কত গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়?

[উঃ 3·93 গ্রাম]

44. ফেরিক অক্সাইডপূর্ণ একটি লোহিত তপ্ত নলের মধ্য দিয়া কার্বন মনো-

ক্সাইড পরিচালন করা হইল। উৎপন্ন গ্যাসকে কষ্টিক পটাসে শোষিত করা হইল। কষ্টিক পটাসের ওজন বৃদ্ধি 0·86 গ্রাম হইলে প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে কার্বন মনোক্সাইডের আয়তন নির্ণয় কর। [উঃ 434·34 cc.]

45. অশুদ্ধি লোহযুক্ত আয়রন সালফাইডের এক নমুনার সহিত লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটানো হইল। উদ্ভূত গ্যাসকে কষ্টিক সোডার মধ্য দিয়ে পরিচালনা করিবার পর যে গ্যাস অবশিষ্ট রহিল তাহা প্রাথমিক আয়তনের $^1/_{10}$ আয়তন বিশিষ্ট। নমুনাটিতে অশুদ্ধি লোহের শতকরা অনুপাত কত? [উঃ 6·6%]

46. 48 গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বাইড হইতে উৎপন্ন অ্যাসিটিলিন গ্যাসকে অক্সিজেনে পুড়াইয়া যে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস পাওয়া যায় প্রমাণ অবস্থায় তাহার আয়তন কত হইবে? [উঃ 33·6 লিটার]

47. 1 গ্রাম একটি Na_2CO_3 এবং $NaHCO_3$ মিশ্রণে উপাদানগুলি সমপরিমাণে আছে। স্থির ওজন হওয়া পর্যন্ত মিশ্রণটি উত্তপ্ত করা হইল। ইহাতে প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন নির্ণয় কর। [উঃ 66·67 cc.]

48. 1520 cc. একটি গ্যাসমিশ্রণে 27°C এবং 760 mm. চাপে মিথেন=20% এবং কার্বন মনোক্সাইড=80% ; এই গ্যাসমিশ্রণ সম্পূর্ণ জারিত করিতে যে অক্সিজেনের প্রয়োজন তাহা উৎপাদন করিতে কতখানি $KClO_3$ লাগিবে?

49. 1000 লিটার আয়তনবিশিষ্ট একটি বেলুনকে 27°C উষ্ণতা এবং 750mm. চাপের হাইড্রোজেন গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করিতে হইবে। কত কম পরিমাণ লোহের সাহায্যে এই হাইড্রোজেন উৎপাদন করা সম্ভব? [উঃ 2245·05 গ্রাম।]

50. (ক) প্রমাণ অবস্থায় এবং (খ) 27°C তাপমাত্রায় ও 750 mm. চাপে 100 লিটার ক্লোরিন গ্যাস প্রস্তুত করিতে হইবে। প্রতি ক্ষেত্রে কি পরিমাণ ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড অতিরিক্ত পরিমাণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিবে? (Mn=55) [উঃ 388·34 গ্রাম এবং 347·56 গ্রাম।]

51. বাতাসে ওজন হিসাবে অক্সিজেনের পরিমাণ 23%। 30°C তাপমাত্রা এবং 755 mm. চাপে 100 লিটার বাতাসে উপস্থিত অক্সিজেনের সহিত ক্রিয়া করিতে কত গ্রাম সালফার প্রয়োজন? (বাতাসের ঘনত্ব=14·4) [উঃ 26·68 গ্রাম।]

52. একটি নমুনার পটাসিয়াম ক্লোরেটের সঙ্গে কিছু পটাসিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত ছিল। এই মিশ্রণের 13 গ্রাম বিযোজিত করিয়া যে পরিমাণ অক্সিজেন পাওয়া গেল উহা 27°C তাপমাত্রায় এবং 750 mm. চাপের 7·484 লিটার হাইড্রোজেনের সঙ্গে সম্পূর্ণভাবে বিক্রিয়া করে। মিশ্রণটিতে পটাসিয়াম ক্লোরাইড কতখানি ছিল? [উঃ 0·75 গ্রাম।]

53. একটি লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে ওজনের অনুপাতে 65% অ্যাসিড আছে এবং ইহার ঘনত্ব 1·55। এই অ্যাসিডের এক লিটার যদি 750 gm. জিঙ্কের সহিত মিশান হয় তবে 27°C তাপাঙ্কে ও 750 mm. চাপে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন কত হইবে? (Zn=65) [উঃ 256·4 লিটার।]

54. 27°C উষ্ণতা এবং প্রমাণ চাপে 500 cc. CO_2 পাইতে কতখানি বিশুদ্ধ $CaCO_3$ প্রয়োজন? বিশুদ্ধ কার্বনের কি পরিমাণ হইতে সমপরিমাণ CO_2 পাওয়া যাইবে? [উঃ $CaCO_3$=2·03 গ্রাম ; কার্বন=0·244 গ্রাম।]

55. (ক) 100 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড হইতে কত লিটার কার্বন মনোক্সাইড একই উষ্ণতা ও চাপে পাওয়া যাইতে পারে?

(খ) 100 লিটার কার্বন মনোক্সাইড ও উপযুক্ত পরিমাণ অক্সিজেনের বিক্রিয়ায় একই উষ্ণতা ও চাপে কত লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়া সম্ভব?

[উঃ 200 লিটার ; 100 লিটার।]

56. (ক) 10 লিটার অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রস্তুত করিতে একই চাপ ও তাপমাত্রায় কত আয়তন নাইট্রোজেন দরকার?

(খ) প্রমাণ অবস্থায় 90 cc. ক্লোরিন, অ্যামোনিয়া হইতে কতটা নাইট্রোজেন একই অবস্থায় উৎপন্ন করিতে পারিবে?

57. 5 লিটার অ্যাসিটিলিন গ্যাস প্রজ্বলনে কত বাতাসের প্রয়োজন? বাতাসে আয়তন হিসাবে শতকরা 20 ভাগ অক্সিজেন আছে। উৎপন্ন CO_2 গ্যাসের আয়তন কত হইবে? (উষ্ণতা ও চাপ অপরিবর্তিত অবস্থায়।)

58. 25 cc. অক্সিজেনের ভিতর নিঃশব্দ বিদ্যুৎক্ষরণ করিলে আয়তন হ্রাস পাইয়া 20 cc. হয়। অবশিষ্ট গ্যাসমিশ্রণের উপাদানগুলির আয়তন নির্ণয় কর·

[উঃ $O_3=10$ cc. ; $O_2=10$ cc.]

59. 25 cc. আয়তন একটি হাইড্রোজেন ও নাইট্রিক অক্সাইডের মিশ্রণ উত্তপ্ত কপারের উপর দিয়া পরিচালনা করিবার পর দেখা গেল উহার আয়তন 20 cc. হইয়াছে। গ্যাস মিশ্রণের উপাদান দুইটি শতকরা কি পরিমাণে ছিল? চাপ ও তাপ-মাত্রা অপরিবর্তিত আছে।

60. এক লিটার নাইট্রিক অক্সাইডকে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডে পরিণত করিতে একই চাপ ও উষ্ণতায় কতখানি অক্সিজেন প্রয়োজন? উৎপন্ন N_2O_4 গ্যাসের আয়তন কত হইবে?

61. কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের এক লিটার একটি মিশ্রণ হইতে 1600 cc. কার্বন মনোক্সাইড পাওয়া গেল। উষ্ণতা ও চাপের কোন পরিবর্তন হয় নাই। গ্যাসমিশ্রণের উপাদান দুইটি কি পরিমাণে ছিল?

62. একটি গ্যাসমিশ্রণে $H=46\%$, $CH_4=40\%$ এবং $C_2H_4=14\%$ আছে। 100 লিটার এই মিশ্রণকে জারিত করিতে কতটা বায়ুর দরকার হইবে? বায়ুতে অক্সিজেন শতকরা 21 ভাগ আছে।

63. প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 20 cc. ইথিলীনকে 100 cc. (প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায়) অক্সিজেনসহ বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ দ্বারা জারিত করা হইল। উৎপন্ন গ্যাস-মিশ্রণে অতঃপর KOH যোগ করা হইল। একই চাপ ও তাপমাত্রায় উক্ত দুইটি পর্যায়ে গ্যাসমিশ্রণের আয়তন কত হইবে?

[উঃ KOH যোগ করিবার পূর্বে 80 cc. এবং KOH যোগ করিবার পর 40 cc.]

64. 75 cc. কার্বন মনোক্সাইডকে 30 cc. অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ দ্বারা জারিত করা হইল। উৎপন্ন গ্যাসীয় মিশ্রণে KOH যোগ করিলে মিশ্রণের আয়তন কত হইবে এবং কোন্ গ্যাসটি অবিকৃত থাকিয়া যাইবে?

[উঃ 15 cc. CO]

65. 30 cc. মিথেন এবং হাইড্রোজেনের মিশ্রণে 60 cc. অক্সিজেন যোগ করিয়া বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ দ্বারা জারিত করা হইল। শীতল করার পর আয়তন দেখা গেল 52·5 c.c. এবং KOH যোগ করিলে আয়তন 37·50 c.c. হইল। আয়তন প্রতি ক্ষেত্রেই প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় মাপা হইয়াছে। মিশ্রণে প্রতিটি গ্যাসের ওজন কত?

[উঃ $CH_4=0·0108$ গ্রাম ; $H_2=0·00135$ গ্রাম।]

66. 10 cc. মিথেন, কার্বন মনোক্সাইড এবং নাইট্রোজেনের একটি মিশ্রণ

অতিরিক্ত অক্সিজেন-সহযোগে বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ দ্বারা জারিত করায় মিশ্রণের আয়তন 6·5 cc. সংকুচিত হইল। KOH যোগ করায় আরও 7·0 cc. আয়তন সঙ্কোচন লক্ষ্য করা গেল। গ্যাসমিশ্রণটির উপাদান গ্যাসগুলির আয়তন নির্ণয় কর।
[উঃ $CO=5$ cc. ; $CH_4=2$ cc. ; $N_2=3$ cc.]

67. 10 cc. মিথেন, ইথিলীন ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের একটি মিশ্রণে অতিরিক্ত অক্সিজেন-সহযোগে বিদ্যুৎস্ফুরণ দ্বারা জারিত করিলে উহার আয়তন সঙ্কোচন দেখা গেল 17 cc. এবং KOH দ্বারা শোষণের পর আয়তনের আরও 14 cc. সঙ্কোচন ঘটিল। গ্যাসমিশ্রণের উপাদানগুলির অনুপাত নির্ণয় কর। [উঃ $CH_4=$ 4·5 cc. ; $C_2H_4=4$ cc. ; $CO_2=1·5$ cc]

68. 100 cc. একটি কার্বন মনোক্সাইড, মিথেন এবং হাইড্রোজেন মিশ্রণকে 300 cc. অক্সিজেনসহ মিশ্রিত করিয়া বিদ্যুৎস্ফুরণ দ্বারা জারিত করা হইল। শীতল করিবার পর অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন দেখা গেল 285 cc. এবং KOH দ্বারা শোষণের ফলে 205 cc. অক্সিজেন অবশিষ্ট রহিল। গ্যাসমিশ্রণে উপাদানগুলির আয়তন নির্ণয় কর। [উঃ $CO=50$ cc. ; $CH_4=30$ cc. এবং $H_2=20$ cc.]

69. ওয়াটার গ্যাসে কিছু কার্বন ডাই-অক্সাইড মিশ্রিত আছে। এইরূপ 100 cc. একটি নমুনার গ্যাসমিশ্রণকে 100 cc. অক্সিজেনসহ বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ দ্বারা জারিত করিয়া পূর্বের তাপমাত্রায় শীতল করিলে দেখা যায় আয়তন 100 cc. হইয়াছে। উহাতে NaOH দিলে আয়তন হ্রাস পাইয়া 52·5 cc. হয়। মিশ্রণে উপাদানগুলি কি অনুপাতে ছিল? [উঃ $CO=42·5$ cc. ; $H_2=52·5$ cc. এবং $CO_2=5$ cc.]

70. 20 cc. অ্যামোনিয়াকে গ্যাসমান যন্ত্রে লইয়া ইহাতে বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ পাঠানো হইল। বিস্ফোরণের পর আয়তন দেখা গেল 40 cc। ইহাতে 45 cc. অক্সিজেন যোগ করিয়া আবার মিশ্রণটিতে বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ পাঠানো হইল। শীতল করিয়া অবশিষ্ট গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন মাপিয়া দেখা গেল আয়তন 40 cc. হইয়াছে। উল্লিখিত পরীক্ষার ফল হইতে অ্যামোনিয়ার সঙ্কেত নির্ণয় কর।

71. 10 cc. নাইট্রাস অক্সাইড ইউডিয়োমিটার যন্ত্রে লইয়া ইহাতে হাইড্রোজেন যোগ করিবার পর আয়তন হইল 28 cc.। এই মিশ্রণে বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ চালনা করিবার পর আয়তন 18 cc. হয়। অতঃপর অক্সিজেন যোগ করিয়া মোট আয়তন 27 cc. করিয়া পুনরায় বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ দ্বারা জারিত করা হইল এবং দেখা গেল তখন আয়তন 15 cc. হইয়াছে। প্রতি ক্ষেত্রেই আয়তন প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় মাপা হইয়াছে। এই ফল হইতে নাইট্রাস অক্সাইডের সঙ্কেত নির্ণয় কর। [উঃ N_2O]

72. 20 cc. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন 66 cc. অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ দ্বারা জারিত করা হইল। অবশিষ্ট গ্যাস শীতল করিবার পর দেখা গেল উহার আয়তন 56 cc.। উহাতে KOH যোগ করিবার পর দেখা গেল আয়তন হ্রাস পাইয়া 16 cc. হইয়াছে। অবশিষ্ট গ্যাসে শুধু অক্সিজেন রহিল। হাইড্রোকার্বনটির সঙ্কেত নির্ণয় কর। [উঃ C_2H_2]

73. 10 cc. একটি হাইড্রোকার্বন 250 cc. কার্বন ডাই-অক্সাইড মুক্ত বায়ুর সহিত মিশাইয়া বিদ্যুৎস্ফুরণ দ্বারা জারিত করিলে উহার আয়তনের 40 cc. সঙ্কোচন দেখা দেয়। KOH দ্বারা শোষণের ফলে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন দেখা গেল 40 cc.। হাইড্রোকার্বনটির সঙ্কেত কি হইবে?

74. 25 cc. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনকে সম্পূর্ণভবে দহন করিতে সঠিক-

ভাবে 50 cc. অক্সিজেন প্রয়োজন হয়। হাইড্রোজেন অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া জল উৎপন্ন করে এবং 20 cc. কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়। হাইড্রোকার্বনটির সঙ্কেত কি?

75. একটি হাইড্রোকার্বনকে জারিত করিতে উহার তিনগুণ আয়তন পরিমাণ অক্সিজেন প্রয়োজন হয় ; উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন যদি উহার দ্বিগুণ হয়, তাহা হইলে হাইড্রোকার্বনটির সঙ্কেত কি হইবে?

76. 25 cc. একটি হাইড্রোকার্বন গ্যাস 35 cc. অক্সিজেনসহ মিশ্রিত করিয়া বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ দ্বারা জারিত করিলে 25 cc. CO_2 উৎপন্ন হয়। KOH দ্বারা শোষণ করিয়া লইলে 22·5 cc. অক্সিজেন উদ্বৃত্ত থাকে। গ্যাসটির সঙ্কেত কি?

77. 15 cc. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন সম্পূর্ণ জারিত করিতে 357 cc. বায়ুর প্রয়োজন হইল। বায়ুতে আয়তন হিসাবে শতকরা 21 ভাগ অক্সিজেন আছে এবং উৎপন্ন গ্যাসীয় পদার্থের 327 cc. আয়তন দেখা গেল। (সমস্ত আয়তন প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় মাপা হইয়াছে)। হাইড্রোকার্বনের সঙ্কেত নির্ণয় কর। উৎপন্ন জলের আয়তন উপেক্ষা কর। [উঃ C_3H_8]

78. 12 cc. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন অতিরিক্ত অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া জারিত করিলে উহার আয়তন সঙ্কোচন দেখা গেল 24 cc.। KOH দ্বারা শোষণের ফলে আয়তনের আরও 12 cc. সঙ্কোচন ঘটিল। হাইড্রোকার্বনটির সঙ্কেত নির্ণয় কর। [উঃ CH_4]

79. 12 cc. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন অতিরিক্ত অক্সিজেন-সহযোগে জারিত করিলে উহার আয়তন সঙ্কোচন দেখা গেল 30 cc. অবশিষ্ট KOH দ্রবণ দ্বারা শোষণ করিলে আয়তনের আরও 24 cc. সঙ্কোচন ঘটে। হাইড্রোকার্বনটির সঙ্কেত কি? [উঃ C_2H_6]

80. 12 cc. একটি হাইড্রোকার্বনকে 90 cc. অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া একটি গ্যাসমান যন্ত্রে বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ দ্বারা জারিত করিলে মিশ্রণের আয়তন 72 cc. দেখা গেল। ইহাতে KOH যোগ করিলে উহার আয়তন 36 cc. লোপ পায় এবং অবশিষ্ট গ্যাস অক্সিজেন থাকে। হাইড্রোকার্বনটির সঙ্কেত কি হইবে?

81. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনকে জারিত করিলে উহার সমায়তন CO_2 পাওয়া যায়। গ্যাসটির ঘনত্ব 14 হইলে, উহার সঙ্কেত কি হইবে?

82. 20 cc. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনকে প্রয়োজন মত অক্সিজেন সহ বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ সহকারে জারিত করিলে মিশ্রণের আয়তনের 45 cc. সঙ্কোচন ঘটে। হাইড্রোকার্বনটির ঘনত্ব 22·0 হইলে, উহার সঙ্কেত কি হইবে? [উঃ C_3H_8]

83. 10 cc. একটি হাইড্রোকার্বন (ঘনত্ব=28) অতিরিক্ত অক্সিজেনসহ জারিত করিলে মিশ্রণের আয়তনের 30 cc. সঙ্কোচন ঘটে। উহার সঙ্কেত কি?

84. (ক) একটি জৈব যৌগের আণবিক সঙ্কেত $C_6H_6O_2NBrS$। ইহাতে মৌল-গুলির শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।
[উঃ C=30·5 ; H=2·54 ; O=13·56 ; N=5·93 ; Br=33·90 ; S=13·56]

(খ) কার্বন, হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন দ্বারা গঠিত কোন জৈব যৌগের 1·279 গ্রাম দহন করিলে 1·60 গ্রাম CO_2 এবং 0·77 গ্রা H_2O পাওয়া যায়। ঐ যৌগের 0·8125 গ্রাম বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায় ঐ পরিমাণে 0·108 গ্রাম নাইট্রো-জেন আছে। যৌগটির স্থূল সঙ্কেত নির্ণয় কর। [উঃ $C_3H_7O_3N$]

85. মারকিউরাস ক্লোরাইডে মারকারির পরিমাণ 84·92%। উহার আণবিক

গুরুত্ব 471 হইলে মারকিউরাস ক্লোরাইডের আণবিক সঙ্কেত কি? ($Hg=200$, $Cl=35{\cdot}5$) [উঃ Hg_2Cl_2]

86. কার্বন ও নাইট্রোজেন ঘটিত একটি যৌগে 53·8% ওজনের নাইট্রোজেন বর্তমান। যৌগটির বাষ্প ঘনত্ব 25·8 হইলে আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর। [উঃ C_2N_2]

87. বিশ্লেষণ দ্বারা দেখা গেল, একটি যৌগে 40% কার্বন, 6·66% হাইড্রোজেন আছে। যৌগটির আণবিক গুরুত্ব 60 হইলে, ইহার স্থূল সঙ্কেত ও আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর। [উঃ CH_2O, $C_2H_4O_2$]

88. একটি জৈব যৌগের বিশ্লেষণ ফল নিম্নে দেওয়া হইল :
কার্বন→40·65%, হাইড্রোজেন→8·55% এবং নাইট্রোজেন→23·7%।
যৌগটির বাষ্পীয় ঘনত্ব 29·5। ইহার স্থূল সঙ্কেত ও আণবিক সঙ্কেত কি? [উঃ উভয়ই C_2H_5NO]

89. একটি যৌগের স্থূল সঙ্কেত CH_2O, বাষ্পীয় ঘনত্ব 45। যৌগটির আণবিক সঙ্কেত কি?

90. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনে $C=85{\cdot}62\%$ এবং $H=14{\cdot}38\%$ আছে। গ্যাসটির ঘনত্ব 1·26 গ্রাম/লিটার। ইহার আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর। [উঃ C_2H_4]

91. একটি যৌগে ওজন হিসাবে হাইড্রোজেন 1·59%, অক্সিজেন 76·09%, নাইট্রোজেন 22·32% আছে। প্রমাণ অবস্থায় ঐ গ্যাসের 333·4 মিলিলিটার আয়তনের ওজন 0·939 গ্রাম। উহার আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর। [উঃ HNO_3]

92. একটি মৌল E দুইটি গ্যাসীয় হাইড্রাইড A এবং B গঠন করে, হাইড্রাইড দুইটিতে মৌলটি যথাক্রমে 75% এবং 80% আছে এবং উহাদের ঘনত্ব যথাক্রমে 8 এবং 15 ; দেওয়া আছে A-এর একটি অণুতে এক পরমাণু E আছে। E মৌলটির আণবিক গুরুত্ব, A এবং B এর সংকেত নির্ণয় কর। [উঃ 12 ; $A=EH_4$, $B=E_2H_6$]

93. একটি জৈব যৌগ কেবলমাত্র কার্বন, হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন দ্বারা গঠিত। 1·367 গ্রাম ঐ যৌগ দহন করিলে 3·002 গ্রাম CO_2 এবং 1·640 গ্রাম জল পাওয়া যায়। যৌগটির স্থূল সঙ্কেত নির্ণয় কর। [উঃ C_3H_8O]

94. একটি জৈব যৌগের 0·2012 গ্রাম লইয়া অতিরিক্ত কিউপ্রিক অক্সাইড দ্বারা উত্তপ্ত করিলে 0·4431 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং 0·1462 গ্রাম জল উৎপন্ন হয়। জৈব যৌগটি কেবলমাত্র কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন লইয়া গঠিত। যৌগিক পদার্থটির আণবিক গুরুত্ব 100 হইলে, উহার আণবিক সঙ্কেত কি? [উঃ $C_5H_8O_2$]

95. একটি জৈব যৌগে C, H, O এবং N আছে। অতিরিক্ত CuO-এর সহিত উত্তপ্ত করার ফলে উহার 0·3 গ্রাম হইতে 0·18 গ্রাম জল, 0·22 গ্রাম CO_2 এবং 112 cc. হাইড্রোজেন গ্যাস (প্রমাণ অবস্থায়) পাওয়া গেল। যৌগটির সঙ্কেত কি?

96. কার্বনহাইড্রেটগুলি কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের যৌগ এবং উহাদের অণুতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের পরমাণুর অনুপাত 2 : 1 ; বায়ুর অবর্তমানে উত্তাপ প্রয়োগে উহারা কার্বন ও জলে বিযোজিত হয়।

(ক) বায়ুর অবর্তমানে 310 গ্রাম একটি কার্বহাইড্রেট উত্তপ্ত করিলে 124 গ্রাম কার্বনের অবশেষ থাকে। কার্বহাইড্রেটটির স্থূল সঙ্কেত নির্ণয় কর।

(খ) 0·0833 গ্রাম-অণু কার্বহাইড্রেটে 1·00 গ্রাম হাইড্রোজেন আছে। কার্বহাইড্রেটের আণবিক সঙ্কেত কি? [উঃ $C(H_2O)$, $C_6H_{12}O_6$]

97. কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের কোন কঠিন যৌগের 0·9 গ্রাম প্রমাণ অবস্থায় 224 cc. অক্সিজেনের সহিত উত্তপ্ত করা হইল। জানা আছে কঠিন যৌগের আণবিক গুরুত্ব 90। অক্সিজেনে দহন করার পর উৎপন্ন গ্যাসগুলির মোট আয়তন প্রমাণ অবস্থায় 560 cc. দেখা গেল। উহাতে KOH যোগ করিলে আয়তন হ্রাস পাইয়া 112 cc. হয়। যৌগটির আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর। [উঃ $C_2H_2O_4$]

98. বিশ্লেষণে দেখা গেল কার্বন, হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেন দ্বারা গঠিত যৌগে উহাদের ওজন অনুপাত 9 : 1 : 3·5 গ্রাম। যৌগটির স্থূল সঙ্কেত নির্ণয় কর। ইহার আণবিক গুরুত্ব 108 হইলে আণবিক সঙ্কেত বাহির কর।

[উঃ $C_6H_8N_2$]

99. কার্বন ও হাইড্রোজেনের রাসায়নিক সংযোগে A, B এবং C তিনটি যৌগ পাওয়া গেল। A, B এবং C যৌগে যথাক্রমে 25%, 14·3% এবং 7·7% হাইড্রোজেন আছে। (ক) তিনটি যৌগের স্থূল সঙ্কেত লিখ এবং (খ) এই সকল উদাহরণ কোন্ রাসায়নিক সূত্র প্রমাণ করে? [উঃ (ক) CH_4, CH_2, CH ; গুণানুপাত সূত্র]

পঞ্চম অধ্যায়

I

1. তুল্যাঙ্কভার এবং গ্রাম-তুল্যাঙ্ক বলিতে কি বুঝায়? 'মৌলিক পদার্থের তুল্যাঙ্কভার পরিবর্তনশীল হইতে পারে'—আলোচনা কর। কপারের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়ের একটি পদ্ধতির বিবরণ দাও। পরীক্ষা-লব্ধ ফল হইতে কিরূপে তুল্যাঙ্কভার গণনা করিবে?

2. তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়ের কয়েকটি রাসায়নিক পদ্ধতির উল্লেখ কর। উহাদের মধ্যে যে কোন দুইটি পদ্ধতির বিশদ বিবরণ দাও।

3. একটি মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব ও তুল্যাঙ্কভারের মধ্যে সম্পর্ক কি? কখন ইহাদের মান একই হয়? দুইটি উদাহরণ দাও। মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব, তুল্যাঙ্কভার ও যোজ্যতার মধ্যে কোন্‌টি অতি অবশ্যই পূর্ণ সংখ্যা হইবে?

4. অক্সিজেন ও কার্বনের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করার পরীক্ষা পদ্ধতি বর্ণনা কর।

5. অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন দ্বারা জিঙ্কের তুল্যাঙ্কভার কিভাবে নির্ধারণ করা হয়? পরীক্ষার ফল হইতে কিরূপে তুল্যাঙ্কভার গণনা করা হয়। হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন পন্থায় নিম্নলিখিত ধাতুর মধ্যে কোন্‌গুলির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় সম্ভব : অ্যালুমিনিয়াম, সোডিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, আয়রন, কপার। যে সব ক্ষেত্রে এই পদ্ধতি সম্ভব নয় তাহার কারণ বিবৃত কর।

6. অক্সিজেনের সংযোগ এবং অক্সিজেনের অপসারণ দ্বারা কিভাবে ধাতুর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা যাইতে পারে? উপযুক্ত পরীক্ষা পদ্ধতি বর্ণনা করিয়া দেখাও।

7. সোডিয়াম ও সিলভারের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়ের পদ্ধতিগুলি সংক্ষেপে বিবৃত কর।

8. কি পদ্ধতিতে ধাতব কপার হইতে ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা যায়?

9. পারমাণবিক গুরুত্ব ও গ্রাম-পারমাণবিক গুরুত্ব বলিতে কি বুঝায়?

নাইট্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব 140 ইহার অর্থ কি? একটি মৌলের উল্লেখ করিয়া উহার সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব কিভাবে নির্ণয় করিবে লিখ।

10. ডুলং ও পেটিটের সূত্রটি বিবৃত কর। এই সূত্র সাহায্যে কিভাবে মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যায়? এই পদ্ধতির সীমাবদ্ধতা কি?

11. সমাকৃতি সম্পন্ন যৌগ কাহাকে বলে? মিত্সারলিসের সমাকৃতি সূত্রটি বিবৃত কর এবং ইহার সাহায্যে মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করার পদ্ধতিটি বুঝাইয়া দাও। সমাকৃতি কেলাসের প্রধান প্রধান লক্ষণগুলি উল্লেখ কর। উক্ত লক্ষণগুলি উপস্থিত থাকিলেই কি সব সময় সমাকৃতি প্রকাশ পাইবে?

12. মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ের অন্ততঃ চারটি পদ্ধতি সংক্ষেপে আলোচনা কর।

13. (ক) অ্যালুমিনিয়ামের তুল্যাঙ্কভার 8·99 এবং ইহার পারমাণবিক গুরুত্ব 26·97 এই উক্তি হইতে কি বুঝিতে পার? কোন্ মৌলের তুল্যাঙ্কভার 12? আর কি কি বিষয় জানা থাকিলে মৌলটির পারমাণবিক গুরুত্ব স্থির করা যাইতে পারে?

(খ) কোন ধাতুর পারমাণবিক গুরুত্ব 24, উহার একটি পরমাণু দুইটি ক্লোরিন পরমাণুর সহিত যুক্ত হয়। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার কত?

14. জিঙ্ক, কপার ও সিলভারের তুল্যাঙ্কভার যথাক্রমে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন, অক্সাইড গঠন ও ক্লোরাইড গঠন প্রক্রিয়ায় নির্ণয় করা হয়। উপরের তিনটি ধাতুর ক্ষেত্রে তিনটি বিভিন্ন প্রক্রিয়া প্রয়োগ করা হয় কেন ব্যাখ্যা কর।

II

1. কোন ধাতুর অক্সাইডে 71·4% ধাতু আছে? ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার কত? [উঃ 19·97]

2. 0·108 গ্রাম কোন ধাতুকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিলে প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 100 ml শুষ্ক হাইড্রোজেন পাওয়া যায়। ধাতুটির তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর। [উঃ 12·096]

3. 1·45 গ্রাম একটি ধাতু ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় কত আয়তন হাইড্রোজেন প্রমাণ অবস্থায় পাওয়া যাইবে? ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার 9 জানা আছে। [উঃ 1·819 লিটার]

4. শুষ্ক ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাস 1·58 গ্রাম উত্তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইডের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে 0·36 গ্রাম জল উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়ায় উৎপন্ন কপারের ওজন 1·26 গ্রাম। কপার ও অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার এই ফল হইতে নির্ণয় কর। [উঃ Cu=31·5, O=8]

5. হাইড্রোজেন গ্যাস অতিরিক্ত উত্তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইডের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে অক্সাইডের 59·789 গ্রাম হ্রাস হয় এবং 67·28 গ্রাম জল উৎপন্ন হয়। অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার কত?

6. 0·3975 গ্রাম কপার অক্সাইডকে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করা হইল যে পর্যন্ত না উহা সম্পূর্ণরূপে বিজারিত হয়। গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডে পূর্ণ ওজন করা একটি নলের ভিতর দিয়া উৎপন্ন গ্যাসীয় পদার্থ চালনা করা হইল। ইহাতে নলটির ওজন 0·09 গ্রাম বৃদ্ধি পাইল। কপারের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। [উঃ 31·75]

7. 0·6842 গ্রাম কপারকে নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া উত্তপ্ত দ্রবণ অতি সাবধানে বাষ্পায়িত করা হইল। কঠিন অবশেষ শুষ্ক করিয়া তীব্রভাবে উত্তপ্ত

করিলে 0·8567 গ্রাম কিউপ্রিক অক্সাইড পাওয়া গেল। কপারের গ্রাম-তুল্যাংক কত?

8. 1·0813 গ্রাম আয়রন হইতে 3·1439 গ্রাম ফেরিক ক্লোরাইড পাওয়া যায়। আয়রনের তুল্যাংকভার কত? ক্লোরিনের তুল্যাংকভার=35·5। আয়রনের আণবিক গুরুত্ব 55·85 হইলে ফেরিক ক্লোরাইডে আয়রনের যোজ্যতা নির্ণয় কর। [উঃ 3]

9. 1·73 গ্রাম কিউপ্রিক সালফাইডে 1·15 গ্রাম কপার আছে। হাইড্রোজেন সালফাইডে 94·1% সালফার বর্তমান। কপারের তুল্যাংকভার কত? [উঃ 31·87]

10. 0·1827 গ্রাম কোন ধাতব ক্লোরাইডকে জারিত করিয়া 0·1057 গ্রাম অক্সাইড পাওয়া যায়। ধাতুটির তুল্যাংকভার কত? [উঃ 29·74]

11. সোডিয়াম এবং ক্লোরিনের তুল্যাংকভার যথাক্রমে 23 এবং 35·46; সোডিয়াম ক্লোরাইডে শতকরা কতভাগ সোডিয়াম আছে? [উঃ 39·34%]

12. 1·5276 গ্রাম $CdCl_2$-এ 0·9376 গ্রাম ক্যাডমিয়াম আছে। ক্যাডমিয়ামের আণবিক গুরুত্ব কত? [উঃ 112·52]

13. একটি কঠিন ধাতব মৌলের অক্সাইডে 65·2% ধাতু আছে। ইহার পারমাণবিক গুরুত্ব 45 হইলে, যোজ্যতা কত হইবে? [উঃ 3]

14. একই চাপ ও তাপমাত্রার একটি কঠিন মৌল অক্সিজেনে পুড়াইলে উৎপন্ন গ্যাসীয় অক্সাইডের আয়তনের কোন পরিবর্তন হয় না। গ্যাসীয় অক্সাইডের ঘনত্ব 32; মৌলটির তুল্যাংকভার কত? [উঃ 8]

15. একটি ধাতুর তুল্যাংকভার 12 হইলে, 15°C উষ্ণতায় এবং 750 mm চাপে 525 cc. শুষ্ক হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিতে ঐ ধাতুর কি পরিমাণ প্রয়োজন হইবে? (প্রমাণ অবস্থায় 1 লিটার হাইড্রোজেনের ওজন 0·09 গ্রাম) [উঃ 0·486 গ্রাম]

16. 1·49 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরাইড হইতে 2·87 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড পাওয়া যায়। পটাসিয়ামের তুল্যাংকভার নির্ণয় কর। [উঃ 39·0]

17. 0·1903 গ্রাম কোন ধাতব কার্বনেট লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় 0·2589 গ্রাম অনার্দ্র ধাতব সালফেট দেয়। ধাতুটির তুল্যাংকভার কত? [উঃ 20·04]

18. 0·5395 গ্রাম একটি ধাতু 0·7175 গ্রাম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·059 হইলে মৌলটির সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব কত? [উঃ 107·6]

19. যে মৌলিক পদার্থের তুল্যাংকভার 18·6 এবং আপেক্ষিক তাপ 0·124, তাহার যোজ্যতা কত? মৌলটির সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব কত? [উঃ 3,55·8]

20. একটি মৌলের ক্লোরাইডের আপেক্ষিক ঘনত্ব 59 এবং উহাতে শতকরা 9·23 ভাগ মৌলটি আছে। মৌলটির পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর। [উঃ 10·815]

21. কোন মৌলের অক্সাইডে 53·3% অক্সিজেন বর্তমান। মৌলটির ক্লোরাইডের আণবিক গুরুত্ব 170 হইলে, মৌলটির যোজ্যতা এবং পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর। [উঃ 4 ; 28·04]

22. একটি ধাতুর (M) উদ্বায়ী ক্লোরাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব 68·75 এবং ইহাতে 80% ক্লোরিন আছে। ধাতুর সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর। [উঃ 26·625]

23. 1 গ্রাম কোন ধাতব ক্লোরাইডে 0·825 গ্রাম ক্লোরিন আছে। ক্লোরাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব 85 হইলে, ইহার সঙ্কেত নির্ণয় কর। [উঃ MCl_4, M=ধাতুর চিহ্ন]

24. কোন মৌলের তুল্যাঙ্কভার 4, ইহা একটি ক্লোরাইড যৌগ গঠন করে যাহার বাষ্পীয় ঘনত্ব 59·25 ; মৌলটির পারমাণবিক গুরুত্ব ও যোজ্যতা নির্ণয় কর।
[উঃ 12 ; 3]

25. একটি মৌলের ক্লোরাইডে 58·65% ক্লোরিন আছে। ক্লোরাইডের বাষ্প প্রমাণ অবস্থায় সমায়তন হাইড্রোজেন অপেক্ষা 91 গুণ ভারী। মৌলের তুল্যাঙ্কভার, পারমাণবিক গুরুত্ব এবং যোজ্যতা নির্ণয় কর।
[উঃ 25, 75, 3]

26. কোন ধাতব ক্লোরাইডে 54·42% ক্লোরিন আছে (ক্লোরিনের পারমাণবিক গুরুত্ব 35·5)। ক্লোরাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব 8·16 (O=1)। ধাতুর তুল্যাঙ্কভার কত এবং ধাতুর ক্লোরাইডের সঙ্কেত কি?

27. কোন ধাতব অক্সাইডে ধাতুর পরিমাণ শতকরা 30 ভাগ। ইহার ক্লোরাইডে ক্লোরিন আছে 65·5%। প্রমাণ অবস্থায় 100 cc. ক্লোরাইডের ওজন 0·72 গ্রাম। ধাতুর আপেক্ষিক তাপ 0·114 ; ধাতুর তুল্যাঙ্কভার, পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

28. কোন ধাতব ক্লোরাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব 66·8। 1 গ্রাম ঐ ধাতব ক্লোরাইডকে অতিরিক্ত পরিমাণ সিলভার নাইট্রেটের সহিত বিক্রিয়া করাইলে 3·225 গ্রাম ক্লোরাইড পাওয়া যায়। ধাতুর পারমাণবিক গুরুত্ব কত?
[উঃ 26·94]

29. 65·4 গ্রাম কোন ধাতু প্রমাণ অবস্থায় একটি অ্যাসিড হইতে 22·4 লিটার হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে। ধাতুর তুল্যাঙ্কভার কত? ধাতুটি একটি উদ্বায়ী ক্লোরাইড যৌগ গঠন করে। ক্লোরাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব 68·2 হইলে ধাতুটির পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।
[উঃ 32·7 ; 65·4]

30. 0·22 গ্রাম একটি ধাতব ক্লোরাইড হইতে ক্লোরিনকে সম্পূর্ণরূপে অধঃক্ষিপ্ত করিতে 0·51 গ্রাম সিলভার নাইট্রেট প্রয়োজন। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·057 হইলে উহার পারমাণবিক গুরুত্ব কত হইবে? [Ag=108 ; Cl=35·5]

31. পটাসিয়াম সালফেট এবং পটাসিয়াম সেলেনেট সমাকৃতি সম্পন্ন পদার্থ। বিশ্লেষণে দেখা গিয়াছে, পটাসিয়াম সেলেনেটে শতকরা 35·77 ভাগ সেলেনিয়াম আছে। সেলেনিয়ামের পারমাণবিক গুরুত্ব কত?
[উঃ 79·16]

32. একটি অজ্ঞাত ধাতুর ক্লোরইডে শতকরা 29·34 ভাগ ক্লোরিন আছে এবং উহা পটাসিয়াম ক্লোরাইডের সহিত সমাকৃতি সম্পন্ন। পটাসিয়াম ক্লোরাইডে ক্লোরিনের শতকরা অংশ 47·65। ধাতুটির পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।
[উঃ 85·8]

33. একটি অজ্ঞাত ধাতুর ক্লোরাইডে শতকরা 25·87 ভাগ ক্লোরিন আছে এবং উহা KCl-এর সহিত সমাকৃতি সম্পন্ন। ধাতুটির পারমাণবিক গুরুত্ব কত?
[উঃ 101·7]

34. A এবং B দুইটি ধাতুর অক্সাইড সমাকৃতি সম্পন্ন। A এর পারমাণবিক গুরুত্ব 52, এবং উহার ক্লোরাইডের বাষ্প ঘনত্ব 79। B এর অক্সাইডে অক্সিজেনের শতকরা অংশ 87·1 ভাগ, B এর পারমাণবিক গুরুত্ব কত হইবে?

35. একটি যৌগিক পদার্থে 28·2% পটাসিয়াম, 25·6% ক্লোরিন এবং অবশিষ্ট অক্সিজেন আছে। ইহা অপর একটি যৌগিক পদার্থের সহিত সমাকৃতি সম্পন্ন। এই দ্বিতীয় পদার্থে 24·7% পটাসিয়াম, 34·8% ম্যাঙ্গানিজ এবং অবশিষ্ট অক্সিজেন আছে। ম্যাঙ্গানিজের পারমাণবিক গুরুত্ব কত? ক্লোরিনের পারমাণবিক গুরুত্ব 35·5।
[উঃ 55·01]

36. পটাসিয়াম সেলেনেট (যাহাতে 35·77% সেলেনিয়াম আছে) পটাসিয়াম

সালফেটের সহিত সমাকৃতি সম্পন্ন। পটাসিয়াম সালফেট 18·39% সালফার আছে। সালফারের পারমাণবিক গুরুত্ব 32 হইলে, সেলেনিয়ামের পারমাণবিক গুরুত্ব কত? [উঃ 79·2]

37. Cu_2S এবং Ag_2S দুইটি সমাকৃতি সম্পন্ন যৌগে সালফারের শতকরা পরিমাণ যথাক্রমে 20·14 এবং 12·94 ; কপারের পারমাণবিক গুরুত্ব 63·57 হইলে, সিলভারের পারমাণবিক গুরুত্ব কত? [উঃ 107·9]

38. (ক) একটি ধাতুর সালফেট লবণে 20·9% ধাতু এবং ইহা $ZnSO_4$ $7H_2O$ এর সহিত সমাকৃতি সম্পন্ন। ধাতুর সম্ভাব্য পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর। [উঃ 58·66]

(খ) একটি ধাতু (M) যে সালফেট গঠন করে তাহা $MgSO_4$. $7H_2O$-এর সহিত সমাকৃতি সম্পন্ন। 65·38 গ্রাম ধাতুটি সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ হইতে 2·16 গ্রাম সিলভার প্রতিস্থাপিত করে। ধাতুটির (M) পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর। [উঃ 65·38]

39. 1·112 গ্রাম অ্যালুমিনিয়াম হইতে 2·109 গ্রাম অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড পাওয়া যায়। ইহার সালফেট যৌগ পটাসিয়াম সালফেটের সহিত একটি যুগ্ম-লবণ গঠন করে যাহা ক্রোম-অ্যালামের [K_2SO_4, $Cr_2(SO_4)_3$ $24H_2O$] সহিত সমাকৃতি সম্পন্ন। ক্রোমিয়ামের আণবিক গুরুত্ব 52 হইলে, অ্যালুমিনিয়ামের আণবিক গুরুত্ব কত?

40. 0·4686 গ্রাম একটি ধাতব অক্সাইড বিজারিত করিয়া 0·3486 গ্রাম ধাতু পাওয়া যায়। ধাতুটি সাধারণ অ্যালামের [K_2SO_4, $Al_2(SO_4)_3$, $24H_2O$] সমাকৃতি সম্পন্ন একটি ক্ষারধাতুর যুগ্ম-লবণ উৎপন্ন করে। ধাতুটির আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর। [উঃ 23·24]

41. ম্যাগনেসিয়াম সালফেটে ম্যাগনেসিয়াম 9·75% ; SO_4 39·02% এবং জিঙ্ক সালফেট জিঙ্ক 22·6% ; SO_4 35·5% আছে। যদি জিঙ্কের আণবিক গুরুত্ব 65 হয়, তাহা হইলে ম্যাগনেসিয়ামের আণবিক গুরুত্ব কত? দুইটি সালফেট সমাকৃতি সম্পন্ন। [উঃ 24·05]

42. নিম্নলিখিত ফল হইতে প্রমাণ কর মার্কারী এক-পরমাণুক—

(ক) 10 গ্রাম মার্কারী 0·8 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিক মিলনে একটি অক্সাইড গঠন করে। (খ) প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 100 cc. মার্কারী বাষ্পের ওজন 8·923 গ্রাম। (গ) মার্কারীর আপেক্ষিক তাপ 0·033 ;

নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির সমাধান মোল ধারণার সাহায্যে কর।

43. 14·4 গ্রাম জলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা কত?

[উঃ হাইড্রোজেন $=9{\cdot}636\times10^{23}$ এবং অক্সিজেন $=4{\cdot}818\times10^{23}$]

44. 15 গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত 150 গ্রাম অক্সিজেন মিশাইয়া বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গ পাঠাইলে কত গ্রাম জল উৎপন্ন হইবে এবং কত গ্রাম O_2 অবশিষ্ট থাকিবে? [উঃ 135 গ্রাম জল ; 30 গ্রাম অক্সিজেন]

45. 40·5 গ্রাম অ্যালুমিনিয়ামের সঙ্গে কস্টিক সোডার বিক্রিয়ায় যে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় তাহার সম পরিমাণ হাইড্রোজেন উৎপাদন করিতে কতটা জিঙ্ক প্রয়োজন হইবে? (Al=27, Zn=65) [উঃ 146·25 গ্রাম Zn]

46. সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণে ক্লোরিন উৎপন্ন করা হইল। কস্টিক সোডা দ্রবণে শোষণ করাইয়া উহাকে সোডিয়াম ক্লোরেটে পরিণত করা হইল।

213 গ্রাম সোডিয়াম ক্লোরেট পাইতে হইলে কতটা সোডিয়াম ক্লোরাইড বিশ্লেষিত করিতে হইবে? (Na=23) [উঃ 702 গ্রাম]

47. এক মোল সোডিয়াম বাই-কার্বনেট ও এক মোল সোডিয়াম কার্বনেটকে উত্তপ্ত করিলে যে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় প্রমাণ-চাপ ও উষ্ণতায় উহার আয়তন কত? [উঃ 11·2 লিটার]

48. সোডিয়াম সালফাইটের কোন নমুনার বিশুদ্ধতা 90%। ঐ নমুনার 20 গ্রামের সহিত 5·462 cc. সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় কত cc. সালফার ডাই-অক্সাইড নির্গত হইবে? সালফিউরিক অ্যাসিডে ওজনের হিসাবে শতকরা 89 ভাগ অ্যাসিড আছে এবং উহার ঘনত্ব 1·8। [উঃ 2000 cc. (প্রায়)]

49. একটি বালব টিউবে উত্তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইডের মধ্যদিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহিত করা হইল। 0·8 গ্রাম অক্সাইডকে বিজারিত করিতে প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় কি আয়তন হাইড্রোজেন প্রয়োজন হইবে? (Cu=63·57) [উঃ 0·224 লিটার]

50. 10 গ্রাম পটাসিয়াম নাইট্রেট ও 10 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেটকে পৃথক ভাবে অক্সিজেনে বিযোজিত করা হইল। প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় দুইটি যৌগ হইতে উৎপন্ন অক্সিজেনের অনুপাত নির্ণয় কর। [উঃ 1 : 2·472]

51. সোডিয়াম ও পটাসিয়াম ক্লোরাইডের 1·2 গ্রাম মিশ্রণের দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করিলে 2·869 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। মিশ্রণে কি পরিমাণ সোডিয়াম ক্লোরাইড আছে? [উঃ 1·169 গ্রাম]

ষষ্ঠ অধ্যায়

I

1. অ্যাসিড, ক্ষারক ও লবণ বলিতে কি বোঝায়? উপযুক্ত উদাহরণ সহ বুঝাইয়া দাও। তড়িৎ-বিয়োজনবাদের পরিপ্রেক্ষিতে ইহাদের সংজ্ঞা কিরূপ হয় লিখ।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাস কাগজ লাল করে কিন্তু শুষ্ক হাইড্রোজেন ক্লোরাইড শুষ্ক নীল লিটমাস কাগজের বর্ণ পরিবর্তন করে না কেন?

2. উদাহরণসহ সংজ্ঞা লিখ : (ক) অ্যাসিডের ক্ষার-গ্রাহিতা এবং ক্ষারের অ্যাসিড-গ্রাহিতা। পলিবেসিক (polybasic) অ্যাসিড বলিতে কি বুঝায়? নিম্নলিখিত অ্যাসিডগুলির মধ্যে পলিবেসিক অ্যাসিড বাহির কর।
H_3PO_4, CH_3COOH, H_2CO_3, HNO_3, $HCOOH$, H_2SO_3, H_2SO_4।

3. লবণ কাহাকে বলে? অ্যাসিড ও ক্ষারকের সহিত লবণের সম্পর্ক কি? প্রশম লবণ, অম্ল লবণ ও ক্ষারকীয় লবণ সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। প্রশম লবণ, অম্ল লবণ ও ক্ষারকীয় লবণ হিসাবে নিম্নলিখিত লবণগুলির শ্রেণী বিভাগ কর।
$NaHCO_3$, Na_2CO_3, $Pb(OH)Cl$, $KClO_4$, NH_4Cl, $NaHSO_4$, $Ca(HSO_3)_2$, $Cu(OH)_2\ CuCO_3$, $NaOCl$, $CuSO_4\ 5H_2O$, Na_2SO_4।

কোন কোন লবণে প্রতিস্থাপনযোগ্য হাইড্রোজেন থাকে আবার কোন কোনটিতে থাকে না—কারণসহ ব্যাখ্যা কর।

4. অক্সাইড কাহাকে বলে? ইহার শ্রেণী বিভাগ কিভাবে করা হয়? প্রতিটি শ্রেণী বৈশিষ্ট্যের উল্লেখ করিয়া একটি উদাহরণ দাও।

5. (ক) নিম্নলিখিত অক্সাইডগুলি কোন শ্রেণীভুক্ত? কারণ দর্শাও। কার্বন ডাই-অক্সাইড, ক্যালসিয়াম অক্সাইড, অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড, নাইট্রিক অক্সাইড।

(খ) নিম্নলিখিত অক্সাইডগুলির মধ্যে কোনটি HCl এবং NaOH দুইটির সহিত পৃথক পৃথক ভাবে বিক্রিয়া করে এবং কোনটি উহাদের কোনটির সহিত ক্রিয়া করে না—P_2O_5, CuO, ZnO, SO_2, CO।

(গ) নিম্নলিখিত অক্সাইডগুলির মধ্যে কোনগুলি পারঅক্সাইড কারণসহ বল : Na_2O_2, BaO_2, PbO_2, MnO_2।

6. আর্দ্র বিশ্লেষণ বলিতে কি বোঝায়?

ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ মিশাইলে ক্যালসিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয় কিন্তু অনুরূপ ভাবে অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ যোগ করিলে কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয় না। ইহার কারণ কি?

7. অসম্পূর্ণ স্থানে অ্যাসিডিক, ক্ষারীয়, প্রশম এই তিনটি শব্দের মধ্যে উপযুক্তটি বাছিয়া লইয়া বসাও এবং এইরূপ বসানোর যুক্তি কি?

(ক) ফেরিক ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ......। (খ) সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ......। (গ) কপার সালফেটের জলীয় দ্রবণ......। (ঘ) পটাসিয়াম সালফেটের জলীয় দ্রবণ......। (ঙ) সোডিয়াম কার্বনেটের জলীয় দ্রবণ......। (চ) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ......।

8. উদাহরণসহ সংজ্ঞা লিখ : (ক) অ্যাসিডের তুল্যাঙ্কভার ও গ্রাম-তুল্যাঙ্ক (খ) ক্ষারকের তুল্যাঙ্কভার ও গ্রাম-তুল্যাঙ্ক (গ) লবণের তুল্যাঙ্কভার ও গ্রাম-তুল্যাঙ্ক। নিম্নলিখিত লবণগুলির তুল্যাঙ্কভার কত হইবে বাহির কর : অ্যালুমিনিয়াম সালফেট, জিঙ্ক নাইট্রেট, ক্যালসিয়াম কার্বনেট, সিলভার নাইট্রেট, $CuSO_4$, $5H_2O$, $BaCl_2$, $2H_2O$ [Al=27, Ag=108, Ca=40, Zn=65·38, Cu=63·5, Ba=137·36]

9. নর্ম্যাল দ্রবণ কাহাকে বলে? নর্ম্যাল ও মোলার দ্রবণে পার্থক্য কি? কোন্ কোন্ ক্ষেত্রে নর্ম্যালমাত্রা (তুল্যাঙ্কমাত্রা) এবং মোলার মাত্রার মধ্যে কোন পার্থক্য থাকে না? সালফিউরিক অ্যাসিডের আনুমানিক N/10 দ্রবণ কিভাবে প্রস্তুত করা যাইতে পারে? কিভাবে উহার সঠিক মাত্রা নির্ণয় করিবে?

10. 250 ml সোডিয়াম কার্বনেটের N/10 দ্রবণ কিরূপে প্রস্তুত করিবে? ফ্যাক্টর বা গুণক কি?

11. টীকা লিখ : (ক) প্রশম, অ্যাসিড ও ক্ষারকীয় লবণ (খ) আর্দ্র বিশ্লেষণ (গ) প্রমাণ দ্রবণ (ঘ) নর্ম্যাল দ্রবণ (ঙ) মোলার দ্রবণ (চ) ফর্ম্যাল দ্রবণ (ছ) প্রশমন (জ) নির্দেশক।

12. প্রশমন বলিতে কি বোঝায়? আয়নের সাহায্যে এই প্রক্রিয়া ব্যাখ্যা কর। নির্দেশক কি? নিম্নলিখিত প্রশমন ক্রিয়ায় কোন্ নির্দেশক ব্যবহার করিবে?

(ক) সোডিয়াম কার্বনেট দ্বারা সালফিউরিক অ্যাসিড (খ) সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড দ্বারা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড। আম্লিক ও ক্ষারীয় দ্রবণে মিথাইল অরেঞ্জ, ফিনলথ্যালিন এবং লিটমাসের বর্ণ কি হয় লিখ।

13. তীব্র অ্যাসিড ও মৃদু অ্যাসিড বলিতে কি বোঝায়?

তীব্র অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারকের প্রশমন ক্রিয়ায় কি ঘটে লিখ। এইরূপ ক্রিয়ার প্রশমন ক্ষণ জানার জন্য কি নির্দেশক ব্যবহার করিবে?

14. দেখাও : (ক) অ্যাসিড মাত্রেই হাইড্রোজেন যৌগ কিন্তু হাইড্রোজেন

যৌগ মাত্রই অ্যাসিড নহে। (খ) ক্ষার মাত্রেই ক্ষারক কিন্তু ক্ষারক মাত্রেই ক্ষার নহে। (গ) সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড ও সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার দুইটি আয়ন অদৃশ্য হয়। (ঘ) অ্যাসিডের ক্ষার-গ্রাহিতা সর্বদা অণুতে বর্তমান হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা নহে। (ঙ) ফেরিক ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট মিশাইলে ফেরিক কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয় না।

15. সঠিক উত্তরটি √ চিহ্ন দ্বারা চিহ্নিত কর—

(a) জলীয় দ্রবণে H^+ উৎপাদনকারী যৌগকে অ্যাসিড এবং OH^- উৎপাদন কারী যৌগকে ক্ষারক বলা হয়। সুতরাং প্রশম দ্রবণে

(i) কোন H^+ থাকে না

(ii) কোন OH^- থাকে না

(iii) H^+ এবং OH^- কোনটিই থাকে না

(iv) H^+ এবং OH^- কম কিন্তু সমসংখ্যক থাকে

(b) 1M হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণ অ্যাসিটিক অ্যাসিড দ্রবণ অপেক্ষা অধিক তড়িৎ পরিবাহিত করিতে পারে কারণ

(i) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড জলে খুব দ্রাব্য

(ii) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অ্যাসিটিক অ্যাসিড অপেক্ষা অনেক বেশী সংখ্যক আয়ন উৎপন্ন করে

(iii) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অ্যাসিটিক অ্যাসিড অপেক্ষা কম সংখ্যক আয়ন দেয়

(iv) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড একটি খনিজ অ্যাসিড কিন্তু অ্যাসিটিক অ্যাসিড একটি জৈব অ্যাসিড

II

1. নিম্নলিখিত মাত্রাগুলির দ্রবণ প্রস্তুত করিতে কি পরিমাণ দ্রাব প্রয়োজন?

(ক) 500 ml 5% Na_2CO_3 দ্রবণ।

(খ) 250 ml 0·25(N) NaOH দ্রবণ।

(গ) 0·75 লিটার 1·25(M) KOH দ্রবণ।

(ঘ) 100 ml (F) H_2SO_4 দ্রবণ।

(ঙ) 200 ml $\frac{N}{10}$ $AgNO_3$ দ্রবণ।

2. (ক) 100 c.c. কস্টিক সোডা দ্রবণে 2·5 গ্রাম NaOH আছে। দ্রবণের মাত্রা নর্ম্যালিটিতে কত? [উঃ 0·625 N]

(খ) 25 c.c. অজ্ঞাতমাত্রার সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ 10·2 cc. $\frac{N}{10}$ HCl দ্রবণকে প্রশমিত করে। Na_2CO_3 দ্রবণের মাত্রা নর্ম্যালিটিতে এবং লিটার প্রতি গ্রাম হিসাবে বাহির কর। [উঃ 0·0408N ; 2·1624 গ্রাম/লিটার]

3. 1·3856 গ্রাম বিশুদ্ধ সোডিয়াম কার্বনেট জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণের আয়তন 250 cc. করা হইল। 25 cc. এই দ্রবণকে প্রশমিত করিতে একটি অজ্ঞাত-মাত্রার সালফিউরিক অ্যাসিডের 24·65 cc. প্রয়োজন হয়। সোডিয়াম কার্বনেট এবং সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণের মাত্রা নর্ম্যালিটিতে বাহির কর।

[উঃ Na_2CO_3 দ্রবণ 0·1046(N) এবং H_2SO_4 দ্রবণ 0·106(N)]

4. 0·125 গ্রাম বিশুদ্ধ Na_2CO_3 দ্রবীভূত আছে এমন একটি দ্রবণকে প্রশমিত করিতে কত আয়তনের 0·1N H_2SO_4 প্রয়োজন? [উঃ 23·6 cc.]

5. 50 ml নর্মাল হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণে এক গ্রাম সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড দ্রবীভূত করার পর ঐ দ্রবণ সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করিতে কত ml নর্ম্যাল সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড দ্রবণ প্রয়োজন? [উঃ 25 ml]

6. (ক) 0·53 সোডিয়াম কার্বনেট জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণের আয়তন 250 ml করা হইল। উক্ত 250 ml দ্রবণ 1500 ml $\frac{N}{10}$ H_2SO_4 দ্রবণে মিশ্রিত করিয়া অ্যাসিডকে আংশিকভাবে প্রশমিত করা হইল। অবশিষ্ট অ্যাসিডের মাত্রা নর্ম্যালিটিতে বাহির কর। [উঃ 0·08N]

(খ) 2·5 গ্রাম বিশুদ্ধ চক ($CaCO_3$) 25 ml HCl দ্রবণে যোগ করা হইল। গ্যাস নির্গমন বন্ধ হইলে দেখা গেল 50% চক অদ্রবীভূত আছে। অ্যাসিডের মাত্রা নর্ম্যালিটি এবং লিটার প্রতি গ্রাম হিসাবে বাহির কর।

7. 20 cc. 5% NaOH দ্রবণ এবং 20 cc. 5% H_2SO_4 দ্রবণ মিশ্রিত করা হইল। মিশ্রিত দ্রবণের নর্ম্যালিটিতে মাত্রা নির্ণয় কর।

8. 1 গ্রাম বিশুদ্ধ সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড 15 cc. সালফিউরিক অ্যাসিডের মোলার দ্রবণে মিশানোর পর দ্রবণ অ্যাসিড না ক্ষার ধর্মী হইবে? উৎপন্ন অ্যাসিড বা ক্ষারধর্মী দ্রবণের শক্তি তুল্যাঙ্ক মাত্রায় বাহির কর।

9. 50 ml (N) H_2SO_4 দ্রবণ 50 ml $\frac{N}{2}$ NaOH দ্রবণের সহিত মিশ্রিত করিলে উৎপন্ন দ্রবণ অ্যাসিড না ক্ষারধর্মী হইবে? উৎপন্ন দ্রবণের মাত্রা নর্ম্যালিটিতে বাহির কর। [উঃ অ্যাসিডধর্মী ; 0·25(N)]

10. 20 cc. 0·45 (N) NaOH দ্রবণ ও 30 cc. 0·32 (N) HCl দ্রবণ মিশ্রিত করার পর মিশ্রিত দ্রবণ কি প্রমাণ হইবে? যদি না হয় তবে মিশ্রণের অ্যাসিড বা ক্ষারের মাত্রা এবং প্রশমনের ফলে উদ্ভূত লবণের দ্রবণের মাত্রা নর্ম্যালিটিতে বাহির কর। [উঃ অ্যাসিড ধর্মীদ্রবণের মাত্রা 0·012 (N) ; লবণের মাত্রা=0·18 (N)]

11. 50 cc. $\frac{N}{2}$ H_2SO_4 দ্রবণ 100 cc. $\frac{N}{5}$ Na_2CO_3 দ্রবণে মিশানো হইল। মিশ্রিত দ্রবণের মাত্রা অ্যাসিডিক না ক্ষারীয় হইবে? নর্ম্যালিটিতে মিশ্রিত দ্রবণের মাত্রা নির্ণয় কর। [উঃ অ্যাসিডিক ; 0·33N]

12. একটি নমুনার নাইট্রিক অ্যাসিডের আপেক্ষিক ঘনত্ব 1·5। 80 গ্রাম NaOH প্রশমিত করিতে এই নমুনার কত আয়তন অ্যাসিড প্রয়োজন? [উঃ 84 cc.]

13. 25·5 cc. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (আপেক্ষিক ঘনত্ব 1·10) 21·5 cc. NaOH এর একটি দ্রবণকে প্রশমিত করে। প্রদত্ত অ্যাসিডে ওজন হিসাবে শতকরা 20·2 ভাগ HCl আছে। NaOH দ্রবণের মাত্রা নর্ম্যালিটিতে বাহির কর। [উঃ 7·2N]

14. 100 গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণে (আপেক্ষিক ঘনত্ব 1·17) 33·4 গ্রাম HCl আছে। ঐ অ্যাসিডের কত লিটার 5 লিটার NaOH দ্রবণকে প্রশমিত করিতে প্রয়োজন হইবে? NaOH দ্রবণের প্রতি c.c. তে 0·042 গ্রাম NaOH আছে। [উঃ 0·4907 লিটার]

15. 25 c.c. $\frac{N}{10}$ Na_2CO_3 দ্রবণ (ফ্যাক্টর (f)=1·05)কে 19·5 c.c. অজ্ঞাত মাত্রার H_2SO_4 দ্রবণ দ্বারা প্রশমিত করা হইল। অ্যাসিড দ্রবণের মাত্রা নর্ম্যালিটিতে এবং লিটার প্রতি গ্রামে বাহির কর। কত আয়তনের এই অ্যাসিডকে জল দিয়া লঘু করিলে সঠিক $\frac{N}{10}$ মাত্রার অ্যাসিড হইবে? [উঃ 742·9 c.c.]

16. একটি নমুনার 12·5 c.c. সালফিউরিক অ্যাসিড জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণের আয়তন 500 c.c., করা হইল। এই লঘু অ্যাসিড দ্রবণের 10·2 c.c., $\frac{N}{10}$ Na_2CO_3 দ্রবণের 22·7 c.c. প্রশমিত করে। 400 c.c. ঐ অ্যাসিড দ্রবণে কি আয়তনে জল মিশাইলে উহা সঠিক ভাবে $\frac{N}{10}$ হইবে? [উঃ 490·2 c.c.]

17. 20 c.c. সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণ 21·2 c.c. 3% Na_2CO_3 দ্রবণকে প্রশমিত করে। এই অ্যাসিড দ্রবণের মাত্রা কিভাবে $\frac{N}{10}$ করিতে পারিবে?

[উঃ 5 c.c. জল প্রতি 1 c.c. অ্যাসিড দ্রবণ]

18. (ক) 25c.c. $\frac{N}{10}$ সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ প্রশমিত করিতে একটি সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণের 17·5 c.c. প্রয়োজন হয়। এই অ্যাসিডের 100 c.c. দ্রবণে কত পরিমাণ জল মিশাইলে দ্রবণের মাত্রা সম্পূর্ণভাবে $\frac{N}{10}$ মাত্রায় পরিণত হইবে?

(খ) 0·5 N মাত্রার একটি অ্যাসিডকে 0·3 N মাত্রার একটি ক্ষার দ্রবণের সহিত কি আয়তন অনুপাতে মিশ্রিত করিলে দ্রবণটি 0·05 N মাত্রার ক্ষারীয় দ্রবণে পরিণত হইবে?

19. 3·15 গ্রাম কাপড় কাচা সোডার স্ফটিককে জলে দ্রবীভূত করিয়া উহার আয়তন 200 c.c. করা হইল। এই দ্রবণের 20 c.c. সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করিতে 21·8 c.c $\frac{N}{10}$ মাত্রার সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রয়োজন হয়। কাপড় কাচা সোডার স্ফটিকে অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেটের শতকরা পরিমাণ কত ছিল?

20. 1 গ্রাম অবিশুদ্ধ Na_2CO_3, 250 c.c. জলে দ্রবীভূত করা হইল। ঐ দ্রবণের 10 c.c., $\frac{N}{10}$ HCl দ্রবণের 10·8 c.c. সঠিকভাবে প্রশমিত করে। অবিশুদ্ধ নমুনায় শতকরা কত ভাগ Na_2CO_3 আছে? [উঃ 89·438%]

21. (ক) 1 গ্রাম অবিশুদ্ধ Na_2CO_3 জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণের মাত্রা 250c.c. করা হইল। 50 c.c. ঐ দ্রবণে 30·4 c.c. 0·15N HCl মিশানো হইল। দ্রবণটি তবুও অ্যাসিড রহিল এবং মিশ্রিত দ্রবণ প্রশমিত করিতে 10 c.c. 0·02 (N) NaOH প্রয়োজন হইল। অবিশুদ্ধ নমুনায় Na_2CO_3 শতকরা কত ভাগ আছে?

[উঃ 89·04%]

(খ) 0·80 গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেট 50 ml 0·098(N) HCl দ্রবণে মিশানো হইল। বিক্রিয়া শেষে অবশিষ্ট অ্যাসিডকে সম্পূর্ণ প্রশমিত করিতে 6·00 ml 0·105(N) NaOH দ্রবণ প্রয়োজন হইল। প্রদত্ত কার্বনেটের নমুনায় শতকরা কত ভাগ $CaCO_3$ আছে?

22. 50 c.c. অজ্ঞাত মাত্রার হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণে 25 c.c. 0·82 (N) NaOH দ্রবণ মিশানোর পরও উৎপন্ন দ্রবণটি প্রশমিত করিতে 30 c.c. 0·09 (N) Na_2CO_3 প্রয়োজন হইল। HCl দ্রবণের শক্তি নর্ম্যালিটি এবং লিটার প্রতি গ্রাম হিসাবে বাহির কর। [উঃ 0·464 (N) এবং 16·936 গ্রাম/লিটার]

23. 3·5 c.c. ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড (ঘনত্ব 1·76) লইয়া জল মিশাইয়া 1000 c.c. করা হইল। এই দ্রবণের 25 c.c. প্রশমিত করিতে 24·3 c.c. $\frac{N}{10}$ কষ্টিক সোডা দ্রবণের প্রয়োজন হইল। ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডটিতে শতকরা কত ভাগ অ্যাসিড ছিল? [উঃ 77·32%]

24. প্রতি লিটারে 4·8 গ্রাম ক্ষার দ্রবীভূত আছে। ঐ ক্ষার দ্রবণের 20 c.c. প্রশমিত করিতে 25 c.c. $\frac{N}{10}$ HCl প্রয়োজন হয়। ক্ষারের তুল্যাঙ্ক কত? [উঃ 38·4]

25. 4·50 গ্রাম একটি দ্বি-ক্ষারীয় অ্যাসিড জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণের আয়তন 500 ml করা হইল। এই দ্রবণের 20 ml প্রশমিত করিতে 12·5 $\frac{N}{10}$ মাত্রার 32 ml ক্ষার দ্রবণ প্রয়োজন হয়। অ্যাসিডের তুল্যাঙ্কভার ও আণবিক গুরুত্ব কত? [উঃ তুল্যাঙ্কভার 45, আণবিক গুরুত্ব 90]

26. (ক) 0·45 গ্রাম একটি দ্বি-ক্ষারীয় অ্যাসিড প্রশমিত করিতে 100 c.c. $\frac{N}{10}$ NaOH প্রয়োজন হয়। উক্ত অ্যাসিডের আণবিক গুরুত্ব কত? [উঃ 90]

(খ) 0·75 গ্রাম একটি অ্যাসিড (আণবিক গুরুত্ব 90) প্রশমিত করিতে 16·6 c.c. N NaOH দ্রবণ প্রয়োজন হয়। অ্যাসিডের ক্ষার গ্রাহিতা নির্ণয় কর। [উঃ 2]

27. (ক) 1 গ্রাম একটি ধাতুকে জলে দ্রবীভূত করিয়া যে ক্ষারীয় দ্রবণ উৎপন্ন হয় তাহা প্রশমিত করিতে 50 c.c. (N) HCl প্রয়োজন হয়। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। [উঃ 20]

(খ) 0·3363 গ্রাম একটি ধাতু 73 c.c. জলের সহিত মিশানো হইল এবং দেখা গেল ইহা 27°C তাপমাত্রা এবং 720 m.m. চাপে 190 c.c. হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে এবং জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয় হয়। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার এবং ক্ষারীয় দ্রবণের মাত্রা নর্ম্যালিটিতে বাহির কর। (এক লিটার হাইড্রোজেনের প্রমাণ অবস্থায় ওজন=0·089 গ্রাম) [উঃ তুল্যাঙ্কভার 23·0 ; 0·2N]

28. 3·222 গ্রাম একটি ধাতুকে সম্পূর্ণভাবে দ্রবীভূত করিতে সঠিক 98 c.c. 10% HCl প্রয়োজন হয়। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার কত? [উঃ 12]

0·21 গ্রাম কোন ধাতুকে 50 c.c. N H_2SO_4 এ যোগ করা হইল। ধাতুটি সম্পূর্ণভাবে দ্রবীভূত হওয়ার পর যে অতিরিক্ত অ্যাসিড রহিল তাহা প্রশমিত করিতে 65 c.c. $\frac{N}{10}$ NaOH দ্রবণ প্রয়োজন হয়। ধাতুর তুল্যাঙ্কভার কত? [উঃ 12]

29. একটি ধাতব কার্বনেটের 1 গ্রাম 15 c.c. N HCl দ্রবণে দ্রবীভূত করা হইল। অতঃপর এই দ্রবণকে সম্পূর্ণ প্রশমিত করিতে 50 c.c. $\frac{N}{10}$ NaOH দ্রবণের প্রয়োজন। কার্বনেটের তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর। [উঃ 50]

30. 10 c.c. H_2SO_4 এবং HCl অ্যাসিড দ্রবণ সম্পূর্ণ প্রশমিত করিতে 16 c.c. $\frac{N}{8}$ NaOH দ্রবণ প্রয়োজন হয়। উপরিউক্ত অ্যাসিড দ্রবণের 20 c.c. অতিরিক্ত পরিমাণ $BaCl_2$ দ্রবণ যোগ করিলে 0·3501 গ্রাম $BaSO_4$ অধঃক্ষিপ্ত হয়। উক্ত অ্যাসিড দ্রবণের প্রতি লিটারে HCl এর ওজন নির্ণয় কর।

31. একটি অবিশুদ্ধ নমুনার 0·50 গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেট 50 ml 0·0985 N হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করা হইল। বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হওয়ার পর অতিরিক্ত অ্যাসিডকে প্রশমিত করিতে 6 ml 0·105 (N) কষ্টিক সোডা দ্রবণ লাগে। নমুনাটিতে শতকরা কত ভাগ বিশুদ্ধ ক্যালসিয়াম কার্বনেট আছে?

[উঃ 42·94%]

32. 10 c.c. অ্যামোনিয়াম সালফেট দ্রবণকে অতিরিক্ত NaOH দ্রবণ দ্বারা উত্তপ্ত করা হইল। উদ্ভূত অ্যামোনিয়াকে 50 ml 0·100 N HCl এ প্রবাহিত করার পর দ্রবণ অ্যাসিডিক রহিল এবং অ্যাসিড দ্রবণকে প্রশমিত করিতে 10 ml 0·2 N NaOH প্রয়োজন হইল। প্রতি লিটারে অ্যামোনিয়াম সালফেট কত গ্রাম আছে?

[উঃ 19·8 গ্রাম]

33. প্রমাণ অবস্থায় 4·49 লিটার অ্যামোনিয়া 0·1 N H_2SO_4 এর কত আয়তন প্রশমিত করিবে?

[উঃ 200 লিটার]

34. 10·7 গ্রাম অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড হইতে যে অ্যামোনিয়া পাওয়া যায় তাহা প্রশমিত করিতে $\frac{N}{10}$ H_2SO_4 এর কত আয়তন লাগিবে?

[উঃ 20000]

35. 7·5 গ্রাম অ্যামোনিয়াম সালফেট অতিরিক্ত NaOH দ্রবণের সহিত উত্তপ্ত করিয়া উৎপন্ন অ্যামোনিয়াকে 50 c.c. (N) H_2SO_4 এর মধ্যে পাঠানো হইল। বিক্রিয়া শেষে অবশিষ্ট অ্যাসিডকে প্রশমিত করিতে 8 c.c. 0·5 N NaOH দ্রবণ প্রয়োজন হয়। অ্যামোনিয়াম সালফেট শতকরা কত ভাগ অ্যামোনিয়া আছে?

[উঃ 10·43%]

36. একটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের 20 c.c. দ্রবণ অতিরিক্ত পরিমাণ চকের গুঁড়ার সহিত মিশ্রিত করিলে প্রমাণ অবস্থায় 10 c.c. CO_2 পাওয়া গেল। অ্যাসিড দ্রবণের শক্তি তুল্যাঙ্কমাত্রায় বাহির কর।

[উঃ 0·044N]

37. সোডিয়াম কার্বনেট এবং বাই-কার্বনেটের মিশ্রণের 1·48 গ্রাম জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণের আয়তন 250 c.c. করা হইল। 0·12N মাত্রার সালফিউরিক অ্যাসিডের 20·85 c.c. প্রশমিত করিতে এই দ্রবণের 25 c.c. প্রয়োজন। মিশ্রণে কার্বনেট ও বাই-কার্বনেটের শতকরা মাত্রা নির্ণয় কর। [উঃ $NaHCO_3$=28·4% ; Na_2CO_3=71·6%]

38. সোডিয়াম কার্বনেট, সোডিয়াম বাই-কার্বনেট এবং সোডিয়াম ক্লোরাইডের একটি মিশ্রণের 2 গ্রাম উত্তপ্ত করিলে প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 55 c.c. কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয়।

ঐ মিশ্রণের 2 গ্রাম মিশ্রণকে সম্পূর্ণ প্রশমিত করিতে 32·5 c.c. 1N হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রয়োজন হয়। মিশ্রণে প্রতিটি পদার্থের শতকরা মাত্রা নির্ণয় কর।

[উঃ Na_2CO_3=72·85% ; $NaHCO_3$=21% এবং NaCl=6·15%]

39. 27°C তাপমাত্রা এবং প্রমাণ চাপে 1 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস প্রস্তুত করিতে কি পরিমাণ বিশুদ্ধ ক্যালসিয়াম কার্বনেট এবং কত আয়তন (N) HCl প্রয়োজন?

[উঃ $CaCO_3$=4·052 গ্রাম, N-HCl=81·04 c.c.]

40. 40 c.c. লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত সম্পূর্ণভাবে বিক্রিয়া করিতে 0·25 গ্রাম বিশুদ্ধ ক্যাসিয়াম কার্বনেট প্রয়োজন হয়। নর্ম্যালিটিতে অ্যাসিডের মাত্রা নির্ণয় কর। [উঃ 0·125N]

41. 125 c.c. লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে অতিরিক্ত পরিমাণ ফেরাস সালফাইড দিয়া প্রমাণ অবস্থায় 560 c.c. H_2S পাওয়া যায়। নর্ম্যালিটিতে অ্যাসিডের মাত্রা কত? [উঃ 0·4N]

42. একটি NaOH এর দ্রবণের প্রতি লিটারে 4·74 গ্রাম NaOH থাকিলে এই দ্রবণের 60 c.c. প্রশমিত করিতে প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় কি আয়তনের হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রয়োজন? [উঃ 0·1592 লিটার]

সপ্তম অধ্যায়

I

1. **টীকা লিখ :** (ক) জারণ (খ) বিজারণ (গ) জারণ সংখ্যা (ঘ) তাড়িৎ রাসায়নিক বিভব শ্রেণী (ঙ) জারক ও বিজারক দ্রব্য। জারক পদার্থে অক্সিজেন এবং বিজারক পদার্থে হাইড্রোজেনের উপস্থিতি কি অপরিহার্য?

2. বিভিন্ন উদাহরণসহ জারণ বিজারণ ক্রিয়া কাহাকে বলে বুঝাইয়া দাও। দেখাও যে জারণ-বিজারণ ক্রিয়া যুগপৎ ঘটে। ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুসারে জারণ-বিজারণ ক্রিয়ার সংজ্ঞা লিখ। দৃষ্টান্ত দাও। জারণ-বিজারণ সম্বন্ধে পুরাতন তত্ত্ব ও নূতন ইলেকট্রনীয় তত্ত্বের সম্পর্ক সহজভাবে বিবৃত কর।

3. আয়ন ইলেকট্রন সাহায্যে জারণ-বিজারণ ক্রিয়ার সমীকরণ কিভাবে প্রকাশ করা হয় কয়েকটি পরিচিত উদাহরণসহ দেখাও।

4. জারণ সংখ্যা কি? কোন নির্দিষ্ট যৌগের সংগঠক কোন মৌলের পরমাণুর জারণসংখ্যার মান কিভাবে ধরা হয়? জারণসংখ্যা এবং যোজ্যতার মধ্যে মূল পার্থক্য কোথায়?

5. নিম্নলিখিত সমীকরণে প্রকাশিত বিক্রিয়ায় কোন্ বিক্রিয়ায় কোন্ বিক্রিয়ক জারিত এবং কোন্‌টি বিজারিত হইয়াছে বল। কোন্ কোন্ বিক্রিয়ায় জারণ-বিজারণ ঘটে নাই বাহির কর।

(ক) $PCl_3+Cl_2=PCl_5$ (খ) $Si+2KOH+H_2O=K_2SiO_3+2H_2$ (গ) $PbO_2+4HCl=PbCl_2+Cl_2+2H_2O$ (ঘ) $H_2S+2FeCl_3=S+2FeCl_2+2HCl$ (ঙ) $N+N=N_2$ (চ) $3CuO+2NH_3=N_2+3H_2O+3Cu$ (ছ) $KIO_3+5KI+6HCl=3I_2+6KCl+3H_2O$ (জ) $4KClO_2=2KClO_4+2KCl$ (ঝ) $CaSO_3+2HCl=CaCl_2+SO_2+H_2O$ (ঞ) $2NaOH+H_2SO_4=Na_2SO_4+2H_2O$.

6. (ক) নিম্নলিখিত পদার্থগুলির নিম্নরেখ মৌলগুলির জারণ সংখ্যা কত?
$Na\underline{N}O_3$, $K_2\underline{Cr}_2O_7$, $\underline{Cl}_2O_7$, $\underline{H}_2$, $\underline{Mg}$, $\underline{N}H_4Cl$, $\underline{N}_2H_4$, $\underline{Mn}O_2$, $K\underline{Mn}O_4$, $K_2\underline{Mn}O_4$। (খ) N_2O, NO, N_2O_3, N_2O_5, N_2 এই সকল পদার্থে নাইট্রোজেনের জারণ সংখ্যা কত? (গ) H_2S, SO_2, H_2SO_3, H_2SO_4, S, Na_2S এই সকল পদার্থে সালফারের জারণ সংখ্যা কত? (ঘ) CO, CO_2, CH_4, C_2H_4, C_2H_2 এই সকল যৌগে C-এর জারণসংখ্যা কত? (ঙ) Na_2O_2, Na_2O এবং F_2O যৌগে অক্সিজেনের জারণসংখ্যা কত?

7. জারণস্তর বলিতে কি বুঝায়? জারণ-সংখ্যার সাহায্যে নিম্নলিখিত জারণ-বিজারণ ক্রিয়ার সম্পূর্ণ সমীকরণ লিখ।

(ক) $S+H_2SO_4 \rightarrow SO_2+SO_2+H_2O$
(খ) $CuS+HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2+NO+S+H_2O$
(গ) $H_2S+HNO_3 \rightarrow S+NO+4H_2O$
(ঘ) $H_2S+I_2 \rightarrow HI+S$
(ঙ) $Zn+HCl \rightarrow ZnCl_2+H_2$

8. তড়িৎ রাসায়নিক বিভব শ্রেণী বলিতে কি বুঝায়? নিম্নলিখিত তথ্যগুলি আলোচনা কর। (ক) একটি ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণ হইতে অন্য ধাতু দ্বারা উহার প্রতিস্থাপন। (খ) ধাতব অক্সাইডের গঠন ও স্থায়িত্ব। (গ) সকল ধাতু অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে না। হাইড্রোজেনের জারণ ক্রিয়ার কোন উদাহরণ দিতে পার কি?

9. (ক) Na, Fe, Al ধাতুগুলিকে জলের প্রতি বিক্রিয়ার আসক্তি অনুসারে সাজাও।

(খ) Fe, Cu, Zn কে ইহাদের বিজারণ ধর্মের নিম্নক্রম অনুসারে সাজাও।

(গ) উত্তাপ বা তড়িতের ব্যবহার ব্যতীত কিভাবে কপার সালফেট হইতে কপার এবং লেড নাইট্রেট হইতে লেড পাওয়া যাইতে পারে?

10. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির পরিপ্রেক্ষিতে জারণ-বিজারণ ক্রিয়া ব্যাখ্যা কর ঃ

(a) $CuCl_2+Cu=2CuCl$, (b) $KI+I_2=KI_3$, (c) $Cl_2+H_2O_2=2HCl+O_2$, (d) $NaH+H_2O=NaOH+H_2$, (e) $SO_2+2H_2S=3S+2H_2O$, (f) $3I_2+6NaOH=NaIO_3+5NaI+3H_2O$, (g) $H_2S+NO_2=H_2O+NO+S$, (h) $2KClO_3=2KCl+3O_2$, (i) $3HNO_2=HNO_2+2NO+H_2O$.

11. নিম্নলিখিত বিক্রিয়ায় জারণ-বিজারণ ক্রিয়া ঘটে নাই ব্যাখ্যা কর ঃ

(a) $CaCO_3=CaO+CO_2$, (b) $BaCl_2+Na_2SO_4=BaSO_4+2NaCl$, (c) $N+N \rightarrow N_2$, (d) $2NaOH+H_2SO_4=Na_2SO_4+2H_2O$ (e) $CaC_2+2H_2O=Ca(OH)_2+C_2H_2$.

12. উপযুক্ত শব্দ বসাইয়া অসম্পূর্ণ স্থান পূর্ণ কর :

(ক) যে বিক্রিয়ায় কোন পদার্থের সহিত.........বা অপর কোন.........মৌলের সংযোগ ঘটে তাহাকে জারণ বলে।

(খ) যে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন বা তদনুরূপ পরা তড়িৎবাহী মৌল অন্য পদার্থ হইতে অপসারিত হয় তাহাকে বলা হয়.........।

(গ) ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুসারে, জারণ ক্রিয়ায় ইলেকট্রন......এবং বিজারণ ক্রিয়ায় ইলেকট্রন......বুঝায়।

(ঘ) মুক্ত অবস্থায় কোন মৌলের জারণ সংখ্যা.........ধরা হয় 1 MnO_2 এবং BaO_2 যৌগে অক্সিজেনের জারণসংখ্যা যথাক্রমে......এবং......।

13. নিম্নলিখিত ঘটনার কারণ ব্যাখ্যা কর।

(ক) Sn^{+2} এবং Fe^{+3} আয়ন একই দ্রবণে পাশাপাশি থাকিতে পারে না।

(খ) অক্সিজেন বা অক্সিজেন সমন্বিত যৌগের উপস্থিতি জারণ ক্রিয়ায় আবশ্যিক নয়।

(গ) অ্যালুমিনিয়াম আয়রন অপেক্ষা শক্তিশালী বিজারক।

(ঘ) ক্লোরিন আয়োডিন হইতে অধিকতর শক্তিশালী জারক দ্রব্য।

(ঙ) Ag_2O এবং CuO অক্সাইড দুইটি জারণধর্মী কিন্তু Na_2O জারক দ্রব্য হিসাবে গণ্য নয়।

(চ) কপার ফেরাস সালফেট দ্রবণ হইতে আয়রন প্রতিস্থাপিত করিতে পারে না কিন্তু কপার সিলভার নাইট্রেট দ্রবণে যোগ করিলে সিলভার প্রতিস্থাপিত হয়।

14. জারণ ক্রিয়ায় ইলেকট্রন বর্জনের জন্য কোন মৌলের পরা-যোজ্যতা বৃদ্ধি পায়। বিজারণ ক্রিয়ায় ঠিক বিপরীত ঘটে। এই সত্যতা নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির সাহায্যে ব্যাখ্যা কর—

(ক) হাইড্রোজেন আয়নের হাইড্রোজেন অণুতে রূপান্তর।

(খ) ফেরাস আয়নের ফেরিক আয়নে পরিবর্তন।

(গ) হাইড্রোজেন সালফাইড হইতে সালফারের মুক্তি।

অষ্টম অধ্যায়

I

1. পদার্থের গ্যাসীয় অবস্থার বৈশিষ্ট্য কি কি?

2. ব্যাখ্যাসহ কথায় এবং গাণিতিকভাবে নিম্নলিখিত সূত্রগুলি বিবৃত কর।

(ক) বয়েলের সূত্র (খ) চার্লসের সূত্র (গ) ডালটনের অংশচাপ সূত্র (ঘ) গ্রাহামের ব্যাপন সূত্র।

3. **টীকা লিখ ঃ** (ক) পরম তাপমাত্রা (খ) অংশ চাপ (গ) আদর্শ গ্যাস এবং প্রকৃত গ্যাস (ঘ) গ্রাম-আণবিক গ্যাস ধ্রুবক।

4. নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন একটি গ্যাসের উষ্ণতা, চাপ ও আয়তনের মধ্যে যে, সম্পর্ক বর্তমান তাহা প্রতিষ্ঠিত কর। যে-সকল সূত্র হইতে উক্ত সম্পর্কটি পাওয়া যায় সেইগুলি বিবৃত কর। পরম বা চরম শূন্যের তাৎপর্য্য কি? ইহার উপর গ্যাসের আয়তন কিভাবে নির্ভর করে? পরম শূন্যের নীচে কোন তাপমাত্রা পাওয়া যায় কি? কোন গ্যাসকে পরমশূন্যে শীতল করিলে কি হয়?

5. গ্যাস সমীকরণ বা অবস্থা সমীকরণ কি? বয়েল এবং চার্লস সূত্রের সাহায্যে $\frac{PV}{T}$ =ধ্রুবক, এই সম্পর্ক নির্ধারণ কর।

6. কোন গ্যাসের (ক) 1 গ্রাম-অণু (খ) n গ্রাম-অণু (গ) w গ্রাম পরিমাণ পদার্থের অবস্থা সমীকরণ কিভাবে পাওয়া যায় দেখাও।

7. আণব গ্যাস-ধ্রুবক কাহাকে বলে? ইহাকে সার্বিক ধ্রুবক কেন বলা হয়? ইহার প্রকৃতি কি?

8. বয়েল সূত্র, চার্লস সূত্র এবং অ্যাভোগাড্র প্রকল্পের মিলিত প্রয়োগে কিভাবে কোন গ্যাসীয় যৌগের আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যাইতে পারে?

9. অংশ চাপ বলিতে কি বুঝায়? ডালটনের অংশচাপ সূত্রটি কি? গ্যাস মিশ্রণের অন্তর্গত কোন একটি গ্যাসের অংশ চাপের সহিত মোট চাপের সম্পর্ক দেখাও। জলীয় বাষ্পচাপ কি? কোন গ্যাসকে জলের উপর সংগ্রহ করিলে গ্যাসের চাপ ইহা দ্বারা কিভাবে প্রভাবিত হয়?

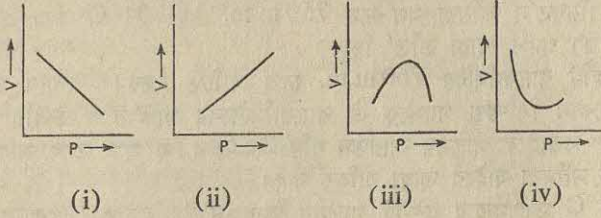
10. গ্যাসের ব্যাপন বলিতে কি বুঝায়?

গ্রাহামের ব্যাপন বেগ সূত্রটি কি? উহা ব্যাখ্যা কর। উহা প্রমাণ করিতে কি পরীক্ষা করা যাইতে পারে? H_2, Cl_2 এবং CH_4 গ্যাস তিনটিকে ব্যাপন হারের ক্রমবর্ধমান ক্রম অনুসারে সাজাও।

11. স্কন্দন কাহাকে বলে? স্কন্দনহার কোন্ সূত্র দ্বারা নিয়ন্ত্রিত? গ্যাসের বাষ্পঘনত্ব বা আণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে ইহা কিরূপে ব্যবহৃত হইতে পারে?

12. গ্যাসের তাপমাত্রা ও চাপের সহিত উহার ঘনত্বের সম্পর্ক কি?

13. কিরূপে নির্দিষ্ট ভর কোন গ্যাসের আয়তন চাপ ও উষ্ণতার পরিবর্তনের সহিত পরিবর্তিত হয়? দুইটি পরিচিত গ্যাসীয় সূত্রের সাহায্যে ইহা ব্যাখ্যা কর।

14. (ক) নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন গ্যাসের চাপ ও আয়তনের সম্পর্ক প্রকাশ করিতে নিম্নলিখিত কোন লেখচিত্রের (Graph) মধ্যে কোনটি সঠিক?

(খ) বয়েলসূত্র মানিয়া চলে এইরূপ একটি গ্যাসের আয়তনকে (V) ভুজ (abscissa) এবং চাপের বিপরীত $\frac{1}{p}$ কে কোটি (ordinate) ধরিয়া একটি লেখচিত্র অঙ্কন কর।

15. নিম্নলিখিত প্রতিটি ক্ষেত্রে লেখচিত্রের নমুনা কিরূপ হইবে?

(ক) স্থির উষ্ণতায় PV-কে কোটি এবং P-কে ভুজ ধরিতে হইবে।

(খ) স্থির চাপে V-কে কোটি এবং T-কে ভুজ ধরিতে হইবে।

II

1. নির্দিষ্ট কোন গ্যাস 750 m.m. চাপে 240 c.c. আয়তন স্থান দখল করে। তাপমাত্রা অপরিবর্তিত রাখিয়া 600 m.m. চাপে উহার আয়তন কত হইবে? [উঃ 300 c.c.]

2. নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোন গ্যাসের চাপ তিনগুণ বৃদ্ধি করায় আয়তন হয় 1550 c.c.। ঐ গ্যাসের প্রারম্ভিক আয়তন কত ছিল? [উঃ 4650 c.c.]

3. 760 mm চাপে একটি বেলুনের ভিতর 1250 ml একটি গ্যাস আছে। বেলুনটি একটি পাহাড়ের চূড়ায় নেওয়া হইল যেখানে পারদ চাপ 720 m.m. তাপমাত্রা অপরিবর্তিত রহিয়াছে, পর্বতশীর্ষে বেলুনের আয়তনের কি পরিবর্তন হইবে? [উঃ 69 ml বৃদ্ধি]

4. একটি জলাশয়ের উপরের একটি বুদবুদের আয়তন কি পরিমাণ জলের নীচে পেঁছাইলে ইহার আয়তন অর্ধেক হইবে? [ব্যারোমিটারের উচ্চতা=76 সে. মিটার ; পারদের আপেক্ষিক গুরুত্ব=13·6 এবং জলাশয়ের জলের তাপমাত্রা= 15°C।] [উঃ 1033·6 সেন্টিমিটার।]

5. 760 মিলিমিটার চাপে কিছু পরিমাণ গ্যাস ও উহার মধ্যে একটি মার্বেল বলের মোট আয়তন 150 c.c.। চাপ বাড়াইয়া 1000 মিলিমিটার করিলে উহাদের মোট আয়তন 116·4 c.c. হয়। মার্বেল বলটির আয়তন কত? উষ্ণতা অপরিবর্তিত ধরা হইবে। [উঃ 10 c.c.]

6. 1·25 অ্যাটমসফিয়ার চাপে নির্দিষ্ট ভর কোন গ্যাসের আয়তন 240 ml. তাপমাত্রা অপরিবর্তিত রাখিয়া চাপ পরিবর্তন করিয়া 0·75 অ্যাটমসফিয়ার করিলে গ্যাসের আয়তনের কি পরিবর্তন হইবে? পরবর্তী চাপে দ্বিগুণ পরিমাণ ভরের গ্যাসের আয়তন কত হইবে? [উঃ আয়তন বৃদ্ধি=160 ml ; আয়তন দ্বিগুণ হইবে]

7. 50 c.c. হাইড্রোজেন গ্যাস 1·2 বর্গ সেন্টিমিটার প্রস্থচ্ছেদ বিশিষ্ট একটি নলে মার্কারীর উপর সংগৃহীত হইল। নলের ভিতর মার্কারীর তল নিম্নের পাত্রে রাখা মার্কারীর তল হইতে 15 সেন্টিমিটার উপরে দাঁড়াইয়া আছে। অতঃপর চাপ ও উষ্ণতা পরিবর্তন করিয়া যথাক্রমে 750 m.m. এবং 31°C করা হইলে নলের কতখানি দৈর্ঘ্য গ্যাস দ্বারা ভর্তি ছিল? [উঃ 47·01 c.m.]

8. একটি ব্যারোমিটার 760 m.m. চাপ সূচিত করে। প্রমাণ চাপে 6 c.c. আয়তনের কোন নিষ্ক্রিয় গ্যাসকে ঐ ব্যারোমিটারের মার্কারীর উপরিস্থিত শূন্য-স্থানে প্রবেশ করাইলে গ্যাসের আয়তন যদি 2 c.c. বৃদ্ধি পায় তবে, মার্কারী স্তম্ভ কতটা নীচে নামিয়া যাইবে তাহা বাহির কর। [উঃ 190 m.m.]

9. 27°C তাপমাত্রায় একটি গ্যাসের আয়তন 1 লিটার। কোন্ তাপমাত্রায় ইহার আয়তন 2 লিটার হইবে? [উঃ 600°A বা 327°C]

10. 1 লিটার বাতাস ধারণে সক্ষম কোন বাতাসপূর্ণ ফ্লাস্ককে অপরিবর্তিত চাপে 25°C হইতে 35°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে কি পরিমাণ বাতাস বাহির হইয়া যাইবে? [উঃ 33·56 c.c.]

11. 50°C উষ্ণতায় কিছু পরিমাণ নাইট্রোজেনের আয়তন 50 ঘন সেন্টিমিটার মাপা হইল। চাপ যদি অপরিবর্তিত থাকে তবে −50°C উষ্ণতায় ঐ পরিমাণ গ্যাসের আয়তন কত হইবে? [উঃ 34·5 c.c.]

12. স্থির চাপে 0°C হইতে 35°C উষ্ণতা বৃদ্ধিতে কোন গ্যাসের আয়তন 1 লিটার হইতে বৃদ্ধি পাইয়া 1·128 লিটার হইল। ইহা হইতে পরম শূন্যের মান (সেন্টিগ্রেড মাত্রায়) নির্ণয় কর। [উঃ −273·4°C]

13. 0°C তাপমাত্রায় এবং 76 সেন্টিমিটার চাপে যে পরিমাণ গ্যাসের আয়তন 2·5 লিটার, 546°C তাপমাত্রা এবং 150 সেন্টিমিটার পারদ চাপে তাহার আয়তন কত হইবে? [উঃ 3·8 লিটার]

14. 0°C উষ্ণতা এবং 1 অ্যাটমসফিয়ার চাপে 22·4 লিটার অক্সিজেনকে একটি 50 লিটার আয়তনের শূন্য পাত্রে 15°C উষ্ণতায় প্রবেশ করানো হইল। এখন নূতন চাপ কত হইবে? [উঃ 359·1 m.m.]

15. 27°C উষ্ণতা এবং 750 m.m. চাপে কোন গ্যাসের আয়তন 304 c.c.। প্রমাণ অবস্থায় ঐ গ্যাসের আয়তন কত হইবে? [উঃ 273 c.c.]

16. একটি বেলুনের ভিতর 12°C তাপাঙ্কে 756 m.m. চাপে 450 ml বাতাস আছে। বেলুনটি একটি খনিগর্ভে লইয়া গেলে উহার চাপ হইল 765 m.m. এবং তাপমাত্রা 5°C ; বেলুনের আয়তনের কি পরিবর্তন ঘটিবে?

[উঃ বেলুনটি 16·3 ml ছোট হইবে।]

17. 27°C তাপমাত্রায় কিছু পরিমাণ গ্যাস ও উহার মধ্যে একখন্ড কাচের মোট আয়তন 100 c.c.। চাপ ও তাপমাত্রা দ্বিগুণ করিলে উহাদের মোট আয়তন 59·3 c.c. হয়। কাচখন্ডটির আয়তন কত? [উঃ 10·55 c.c.]

18. একটি ফ্লাস্ক 3·6 অ্যাটমসফিয়ার চাপ সহ্য করিতে পারে। ঐ ফ্লাস্কটি

10°C তাপাঙ্কে এবং 764 m.m. চাপে ক্লোরিন গ্যাসে পূর্ণ করা হইল। অতঃপর ফ্লাস্কটিকে উত্তপ্ত করায় উহা বিস্ফোরণসহ ফাটিয়া গেল। কোন্ তাপাঙ্কে এই বিস্ফোরণ ঘটে নির্ণয় কর। [উঃ 177·42°C]

19. 0°C তাপাঙ্কে এবং 2 অ্যাটমসফিয়ার চাপে 350 ml কোন দ্বি-পরমাণুক গ্যাসের ওজন 1 গ্রাম। এই গ্যাসের একটি পরমাণুর প্রকৃত ওজন গ্রামে প্রকাশ কর। [উঃ $2{\cdot}6578\times10^{-23}$]

20. 27°C উষ্ণতা ও 760 m.m. চাপে 4 গ্রাম অক্সিজেন গ্যাস কত আয়তন অধিকার করিবে? [উঃ 6·15 লিটার]

21. 100°C তাপাঙ্কে এবং 3800 সে. মি. চাপে এক কিলোগ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন কত? [উঃ 13·9 লিটার]

22. 27°C তাপমাত্রা এবং 57 cm. মার্কারী স্তম্ভের চাপে 10 লিটার অক্সিজেন গ্যাসে কত গ্রাম অণু-অক্সিজেন আছে? [উঃ 0·305 গ্রাম-অণু]

23. প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় হাইড্রোজেনের ঘনত্ব লিটার প্রতি 0·09 গ্রাম। 15°C উষ্ণতায় এবং 750 মিলিমিটার চাপে ইহার ঘনত্ব কত? [উঃ 0·084 গ্রাম/লিটার]

24. কোন্ তাপমাত্রায় বাতাসের ঘনত্ব 0°C তাপমাত্রায় হাইড্রোজেনের ঘনত্বের সমান হইবে? বাতাস হাইড্রোজেন অপেক্ষা 14·4 গুণ ভারী। [উঃ 3558°C]

25. 0°C উষ্ণতা এবং 76 c.m. চাপে বায়ুর ঘনত্ব লিটার প্রতি 1·293 গ্রাম। যে স্থানে তাপমাত্রা 27°C এবং ব্যারোমিটার 64 c.m. চাপ সূচিত করে সেই স্থানে বায়ুর ঘনত্ব কত? [উঃ 0·991 গ্রাম/লিটার]

26. (ক) 23°C উষ্ণতা এবং 752 মিলিমিটার চাপে 0·324 গ্রাম কোন গ্যাসের আয়তন 280 মিলিমিটার। কোন্ উষ্ণতায় 1 অ্যাটমসফিয়ার চাপে 1·00 গ্রাম উক্ত গ্যাসের আয়তন এক লিটার হইবে? [উঃ 73°C]

(খ) 27°C তাপমাত্রা এবং 750 mm চাপের 10 লিটার কোন গ্যাসে অণুর সংখ্যা নির্ণয় কর। [উঃ $2{\cdot}415\times10^{23}$]

27. 10°C উষ্ণতা ও 2 অ্যাটমসফিয়ার চাপে 3·362 গ্রাম কোন গ্যাসের আয়তন 1·224 লিটার। কোন্ চাপে 25°C উষ্ণতায় 0·436 গ্রাম উক্ত গ্যাসের আয়তন হইবে 300 ml? [উঃ 1·22 অ্যাটমসফিয়ার]

28. 450°C তাপমাত্রায় এবং 720 m.m. চাপে 3·2 গ্রাম সালফারকে বাষ্পায়িত করিলে বাষ্পীয় সালফার 780 ml স্থান অধিকার করে। এই অবস্থায় বাষ্পীয় সালফারের আণবিক সংকেত কি? [উঃ S_8]

29. 546°C তাপমাত্রায় এবং 76 cm মার্কারী চাপে 0·0625 গ্রাম বাষ্পায়িত ফসফরাসের আয়তন 33·6 c.c. ; ফসফরাসের আণবিক গুরুত্ব এবং এক অণু বাষ্পীয় ফসফরাসে কত পরমাণু ফসফরাস আছে নির্ণয় কর। দেওয়া আছে ফসফরাসের পারমাণবিক গুরুত্ব=31। [উঃ 825, 4·0 (প্রায়)]

30. আয়তন হিসাবে বাতাসে অক্সিজেনের পরিমাণ শতকরা 21 ভাগ। একটি যৌগের উপাদানঃ কার্বন=80% এবং হাইড্রোজেন=20%। এই যৌগের 60 gm সম্পূর্ণরূপে পুড়াইতে 27°C তাপমাত্রায় ও 750 m.m. চাপে কত আয়তন বাতাস প্রয়োজন হইবে?

31. 27°C তাপাঙ্কে এবং 760 m.m. চাপে 20·0 লিটার প্রোপেনকে (C_3H_3) সম্পূর্ণভাবে দহন করিতে প্রমাণ অবস্থায় কত লিটার অক্সিজেন প্রয়োজন? [উঃ 91 লিটার]

32. (ক) 27°C তাপাঙ্কে এবং 800 m.m. চাপে 380 ml আয়তনের কোন গ্যাসের ওজন 0·455 গ্রাম। গ্যাসটির আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর। [উঃ 28·0]

(খ) 1 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম ও অ্যালুমিনিয়ামের একটি ধাতু সংকরকে (alloy) অতিরিক্ত পরিমাণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া ঘটাইয়া ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড, অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড এবং হাইড্রোজেন পাওয়া গেল। উৎপন্ন হাইড্রোজেন 0°C তাপমাত্রা এবং 699 mm মার্কারী চাপে মার্কারীর উপর সংগ্রহ করিলে ইহা 1200 ml আয়তন অধিকার করে। ধাতু সংকরটির সংযুতি নির্ণয় কর।

[উঃ Al=54·8% ; Mg=45·2%]

33. 27°C তাপাঙ্কে এবং 740 m.m. চাপে কোন গ্যাস 0·418 লিটার আয়তন স্থান অধিকার করে। (অ) গ্যাসটির প্রমাণ অবস্থায় আয়তন কত হইবে? (আ) যদি এই গ্যাসের ওজন 3·00 গ্রাম হয় তাহা হইলে উহার আণবিক গুরুত্ব কত নির্ণয় কর। (ই) যদি একই পাত্রে (0·418 লিটার ধারণক্ষম) গ্যাসের ওজন বৃদ্ধি করিয়া 7·5 গ্রাম করা হয় এবং শীতল করিয়া তাপাঙ্ক 280°K তে নামানো হয়, তবে এখন গ্যাসের চাপ কত হইবে? [উঃ 0·3703 মিটার ; 181·4 ; 2·272 অ্যাটমসফিয়ার]

34. 273°C তাপমাত্রায় এবং 1520 m.m. মার্কারী চাপে 0·44 গ্রাম একটি বর্ণহীন নাইট্রোজেন-অক্সাইড গ্যাস 224 ml আয়তন স্থান পূর্ণ করে। অক্সাইডটি সনাক্ত কর এবং ঐ গ্যাসীয় অক্সাইডের এক অণুর ওজন গ্রামে বাহির কর।

[উঃ N_2O ; $7·309 \times 10^{-23}$ গ্রাম]

35. একটি যৌগে শতকরা 10·05% কার্বন, 0·84% হাইড্রোজেন এবং 89% ক্লোরিন আছে। গ্যাসীয় অবস্থায় 150°C তাপমাত্রায় এবং 760 মি. মি. চাপে উহার ঘনত্ব 3·43 গ্রাম/লিটার। যৌগটির স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেত নির্ণয় কর।

[উঃ $CHCl_3$]

36. 25°C উষ্ণতায় একটি গ্যাস মিশ্রণের উপাদান গ্যাসগুলির অংশ চাপ যথাক্রমে 430 m.m., 100 m.m., 80 m.m., 70 m.m., 27 m.m. এবং 10 m.m.। উক্ত গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ কত? [উঃ 717 m.m. পারদের চাপ।]

37. শুষ্ক বায়ুতে আয়তনের শতকরা 78·03 ভাগ নাইট্রোজেন, 20·9 ভাগ অক্সিজেন, 0·9 ভাগ আর্গন এবং 0·04 ভাগ কার্বন ডাই-অক্সাইড আছে। বায়ুর প্রত্যেকটি উপাদানের অংশ চাপ নির্ণয় কর।

[উঃ N_2—591·46 m.m., O_2—158·4 m.m., A—6·8 m.m. এবং CO_2—0·3 m.m.]

38. 25°C উষ্ণতায় এবং 700 m.m. চাপে 0·5 লিটার নাইট্রোজেন এবং 600 m.m. চাপে 1 লিটার অক্সিজেন একটি 2 লিটার আয়তনের শূন্য ফ্লাস্কে মিশানো হইল। মিশ্র পদার্থটির মোট চাপ কত? [উঃ 475 m.m.]

39. বায়ুতে 1 ভাগ অক্সিজেন এবং 4 ভাগ নাইট্রোজেন মিশ্রিত আছে। বায়ুর চাপ 76 c.m.। অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের অংশ চাপ নির্ণয় কর।

[উঃ P_{O_2}=15·2 c.m. ; P_{N_2}=60·8 c.m.]

40. 15°C তাপমাত্রায় 770 m.m. মিলিমিটার চাপে পৃথকভাবে 100 c.c. হাইড্রোজেন এবং 50 c.c. অক্সিজেন একটি 250 c.c. আয়তনের শূন্য পাত্রের ভিতর মিশ্রিত করা হইল। 20°C তাপমাত্রায় ঐ মিশ্র পদার্থের চাপ কত হইবে?

41. 740 m.m. চাপে এবং 25°C উষ্ণতায় জলের উপর 190 ml কোন গ্যাস

সংগ্রহ করা হইল। প্রমাণ অবস্থায় শুষ্ক গ্যাসের আয়তন কত? 25°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ=23·8 m.m.। [উঃ 179·0 ml]

42. 754·5 m.m. চাপে এবং 17°C উষ্ণতায় 0·218 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে 218 c.c. আর্দ্র হাইড্রোজেন গ্যাস দেয়। প্রমাণ অবস্থায় 11·2 লিটার হাইড্রোজেন প্রস্তুত করিতে কি পরিমাণ ম্যাগনেসিয়াম প্রয়োজন হইবে? 17°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ=14·5 m.m.। [উঃ 12·21 গ্রাম]

43. 0°C উষ্ণতা ও 760 m.m. বায়ুচাপে A, B এবং C তিনটি গ্যাস মিশ্রিত আছে। মিশ্রণে আয়তনের শতকরা 77 ভাগ A, 21 ভাগ B এবং 1·5 ভাগ C আছে। গ্যাস তিনটির অংশ চাপ নির্ণয় কর।

44. 1 গ্রাম হাইড্রোজেন এবং 10 গ্রাম কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ=800 m.m.। প্রত্যেকটির অংশ চাপ কত? (উঃ p_{H2}=466·7 m.m. এবং p_{o2}=333·3 m.m.)

45. 303°K উষ্ণতা এবং 10^{-3}mm মার্কারীর চাপে 2 লিটার আয়তন বিশিষ্ট একটি ফ্লাস্কে সমমোলার অনুপাতে নাইট্রোজেন ও জলীয় বাষ্প আছে। ইহা হইতে নিম্নলিখিত প্রশ্নের উত্তর দাও।

(ক) ফ্লাস্কে নাইট্রোজেন ও জলীয় বাষ্পের গ্রাম-অণুর সংখ্যা কত?

(খ) গ্যাস মিশ্রণের মোট ভর কত?

(গ) মিশ্রণকে 50°C উষ্ণতা পর্যন্ত শীতল করিলে গ্যাসের ভরের কি পরিবর্তন হইবে? [উঃ নাইট্রোজেন ও জলীয় বাষ্পের গ্রাম-অণু সংখ্যা=$5·29\times10^{-3}$ গ্রাম-অণু ; মিশ্রণের মোট ভর=$2·43\times10^{-6}$ গ্রাম ; ভর অপরিবর্তিত]

46. একই পরিমাণ হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেন গ্যাস একটি সচ্ছিদ্র প্রাচীরের মধ্য দিয়া বাহির হইতে যথাক্রমে 16 এবং 60 সেকেন্ড সময় নেয়। নাইট্রোজেনের আণবিক গুরুত্ব কত? [উঃ 28·12]

47. এক লিটার নাইট্রোজেন এবং এক লিটার ক্লোরিনের ওজন যথাক্রমে 1·25 গ্রাম এবং 3·21 গ্রাম। দুইটি গ্যাসের মধ্যে কোন্ গ্যাসটি ব্যাপন কালে তাড়াতাড়ি বাহির হইয়া আসিবে? উক্ত গ্যাস দুইটির ব্যাপন হারের অনুপাত নির্ণয় কর। [উঃ 1 : 1·16]

48. 180 মিলিলিটার মিথেন (আণবিক গুরুত্ব=16) একটি পাত্রের সূক্ষ্ম ছিদ্রপথ দিয়া অভিব্যাপিত হইতে 15 মিনিট সময় লাগে। আবার সম অবস্থায় একই পাত্র হইতে 120 মিলিলিটার সালফার ডাই-অক্সাইড অভিব্যাপিত হয় 20 মিনিটে ; সালফার ডাই-অক্সাইডের আণবিক গুরুত্ব কত? [উঃ 64]

49. মিথেন (CH_4) এবং সালফার ডাই-অক্সাইডের (SO_2) ব্যাপন হারের অনুপাত নির্ণয় কর। [উঃ 1 : 2]

50. একটি পরীক্ষায় দেখা গেল 620 c.c. বায়ু একটি সূক্ষ্ম ছিদ্রপথ দিয়া যে সময়ে অভিব্যাপিত হয় ঠিক সেই সময়ে 500 c.c. অপর একটি গ্যাস 'A' অভিব্যাপিত হয়। 'A' গ্যাসের ঘনত্ব বায়ুর সাপেক্ষে নির্ণয় কর। বায়ু হাইড্রোজেন অপেক্ষা 14·4 গুণ ভারী। [উঃ 1·54]

51. অক্সিজেনের সহিত অপর একটি গ্যাস মিশ্রিত আছে। ঐ মিশ্রণের ব্যাপনের ফলে উৎপন্ন গ্যাসে 61·77% অক্সিজেন পাওয়া যায়। অপর গ্যাসটির আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর। [উঃ 83·12]

52. দুইটি গ্যাসের একটি মিশ্রণের ব্যাপনের ফলে উৎপন্ন গ্যাসে দুইটি গ্যাসের পারস্পরিক পরিমাণ দাঁড়ায় 8 : 3·5। দ্বিতীয়টির ঘনত্ব=0·001246 গ্রাম/c.c. হইলে প্রথমটির আণবিক গুরুত্ব কত?

53. আয়তনের শতকরা 20 ভাগ অক্সিজেন মিশ্রিত ওজোন 175 সেকেন্ডে একটি সচ্ছিদ্র পাত্র হইতে বাহিরে আসে। সেই একক আয়তনের অক্সিজেনের সময় লাগে 168 সেকেন্ড। ওজোনের ঘনত্ব নির্ণয় কর।

54. 50 c.c. হাইড্রোজেন একটি সচ্ছিদ্র পাত্র হইতে 10 মিনিটে ব্যাপিত হয়। একই অবস্থায় 40 c.c. অক্সিজেনের ব্যাপনে কত সময় লাগিবে? [উঃ 32 মিনিট]

55. একটি সচ্ছিদ্র পাত্র হইতে 1 লিটার অক্সিজেন যদি 40 সেকেন্ডে বাহির হইতে পারে তবে সেই পাত্র হইতে একই অবস্থায় 0·4 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড কতক্ষণে বাহির হইবে? [উঃ 18·8 সেকেন্ড]

56. চাপ ও উষ্ণতার সম অবস্থায় নির্দিষ্ট আয়তনের একটি গ্যাস একটি সূক্ষ্ম ছিদ্রপথে বাহির হইতে 1·44 মিনিট সময় নেয় এবং সমায়তন অক্সিজেন ব্যাপনে সময় লাগে 1·80 মিনিট। গ্যাসটির ঘনত্ব (H=1) নির্ণয় কর। [উঃ 10·2]

57. একই উষ্ণতা ও চাপে 30 c.c. অক্সিজেন ও কার্বন ডাই-অক্সাইড একটি সচ্ছিদ্র প্লেটের মধ্য দিয়া ব্যাপিত হয় যথাক্রমে 25 এবং 29·5 সেকেন্ডে। কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক গুরুত্ব 44·5 হইলে অক্সিজেনের আণবিক গুরুত্ব কত? [উঃ 32]

58. অক্সিজেন ও সালফার ডাই-অক্সাইডের ব্যাপন হার যথাক্রমে 141·4 এবং 100·0 হইলে সালফার ডাই-অক্সাইডের ঘনত্ব এবং আণবিক গুরুত্ব কত? [উঃ 31·99 ; 63·98]

59. 25 c.c. অক্সিজেন 100 সেকেন্ডে একটি সচ্ছিদ্র পাত্র হইতে ব্যাপিত হয়। একই অবস্থায় ঐ সময়ে কত আয়তনের কার্বন ডাই-অক্সাইড ব্যাপিত হইবে? [উঃ 21·32 c.c.]

60. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনে 14·28% হাইড্রোজেন আছে। বাকীটা কার্বন। হাইড্রোজেনের সঙ্গে ইহার ব্যাপন হার তুলনা করিলে উভয়ের ব্যাপন হারের অনুপাত 1 : $\sqrt{14}$। হাইড্রোকার্বনের সঙ্কেত নির্ণয় কর। [উঃ C_2H_4]

নবম অধ্যায়

I

1. উভমুখী বিক্রিয়া কাহাকে বলে উপযুক্ত উদাহরণ সহ বুঝাইয়া দাও। উভমুখী বিক্রিয়ার বৈশিষ্ট্য কি? "সমস্ত রাসায়নিক বিক্রিয়াই উভমুখী"—এই উক্তির উপর মন্তব্য লিখ।

2. রাসায়নিক সাম্য বলিতে কি বুঝায়? বিক্রিয়া কিভাবে এই সাম্যাবস্থায় পৌঁছে? এই সাম্যাবস্থার ধর্ম কি?

3. ব্যাখ্যাসহ ভরক্রিয়া সূত্রটি লিখ। পদার্থের সক্রিয় ভর কি? সাম্য ধ্রুবকের সংজ্ঞা দুইটি উদাহরণসহ বুঝাইয়া দাও। একটি উভমুখী সাধারণ বিক্রিয়ার সাহায্যে সাম্য ধ্রুবক প্রকাশ কর। K_P ও K_C এর সম্পর্ক নির্ণয় কর।

4. ব্যাখ্যাসহ "লা-স্যাটেলিয়ারের নীতি" উল্লেখ কর। দৃষ্টান্তসহ এই নীতির প্রয়োগ দেখাও।

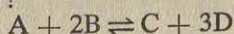
5. কোন রাসায়নিক সিস্টেমের সাম্যাবস্থা বলিতে কি বুঝ? এই সাম্যকে গতিশীল বলা হয় কেন? নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির প্রত্যেকটির সাম্যধ্রুবককে K_P এবং K_C-এর আকারে লিখ।

(a) $N_2+O_2 \rightleftharpoons 2NO$ (b) $N_2+3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$
(c) $2SO_2+O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$ (d) $PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3+Cl_2$
(e) $2NO+O_2 \rightleftharpoons 2NO_2$ (f) $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$
(g) $NO_2+SO_2 \rightleftharpoons NO+SO_2$ (h) $CO+Cl_2 \rightleftharpoons COCl_2$

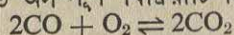
6. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির উপর চাপবৃদ্ধির ফল কি হইবে?

(a) $H_2+I_2 \rightleftharpoons 2HI$ (b) $PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3+Cl_2$
(c) $N_2+3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ (d) $2SO_2+O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$
(e) $N_2+O_2 \rightleftharpoons 2NO$ (f) $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$

7. (ক) ব্যাখ্যাসহ ভরক্রিয়া সূত্রটি বিবৃত কর। নিম্নলিখিত বিক্রিয়ার সাম্য-ধ্রুবকের মান কি হইবে?

$$A + 2B \rightleftharpoons C + 3D$$

বিক্রিয়াটি চাপবৃদ্ধি দ্বারা কিভাবে প্রভাবিত হইবে? বিক্রিয়াটি তাপমোচী হইলে ইহার উপর তাপমাত্রা বৃদ্ধির প্রভাব কিরূপ হইবে?

(খ) নিম্নলিখিত অসম্পূর্ণ বিক্রিয়াটি কিভাবে সম্পূর্ণ করা যাইতে পারে?

$$2CO + O_2 \rightleftharpoons 2CO_2$$

8. **টীকা লিখ :** (ক) লা-স্যাটেলিয়ারের নীতি (খ) গতিশীল সাম্য-ধ্রুবক (গ) সক্রিয়ভর (ঘ) ভরক্রিয়া সূত্র।

9. গতিশীল সাম্যের ক্ষেত্রে লা-স্যাটেলিয়ারের নীতি ব্যাখ্যাসহ লিখ। নিম্ন-লিখিত বিক্রিয়াগুলির ক্ষেত্রে এই নীতির সাহায্যে চাপ ও তাপ মাত্রার প্রভাব আলোচনা কর।

(ক) $N_2+3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3+24,000$ ক্যালরি।
(খ) $PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3-17,000$ ক্যালরি।
(গ) $N_2+O_2 \rightleftharpoons 2NO-43{\cdot}2$ কিলো ক্যালরি।
(ঘ) $2SO_2+O_2 \rightleftharpoons O_2SO_3+45{\cdot}2$ কিলো ক্যালরি।

10. কয়েকটি প্রয়োজনীয় রাসায়নিক দ্রব্যের শিল্পোৎপাদন পদ্ধতির ক্ষেত্রে লা-স্যাটেলিয়ারের নীতির প্রয়োগ উল্লেখ কর।

11. সঠিক উত্তরটি √ চিহ্ন দ্বারা চিহ্নিত কর—

(ক) $2A+B \rightleftharpoons C+D$ এই বিক্রিয়ার সাম্য ধ্রুবক (K) নিম্নলিখিত ভাবে প্রকাশ করা হয়।

(i) $\frac{[A]^2 \times [B]}{[C] \times [D]}$ △
(ii) $\frac{2[A] \times [B]}{[C] \times [D]}$ △
(iii) $\frac{[C] \times [D]}{[A]^2 \times [B]}$ △
(iv) $\frac{[C] \times [D]}{2[A] \times [B]}$ △

(খ) $H_2+I_2 \rightleftharpoons 2HI$, বিক্রিয়ায় K_P এবং K_C এর সম্পর্ক—

(i) $K_PK_C=1$ △
(ii) $K_P=K_C$ △

(iii) $K_P = K_c^2$ △

(গ) $A_2(g) + 2B_2(g) \rightleftharpoons 2AB_2(g)$—তাপশক্তি এই বিক্রিয়ায় বিক্রিয়াজাত পদার্থের (AB_2) উৎপাদন সব চেয়ে বেশী হইবে যদি বিক্রিয়াটি—

(i) উচ্চ চাপে ও উচ্চ তাপমাত্রায় ঘটানো হয় △
(ii) উচ্চ চাপে ও নিম্ন তাপমাত্রায় ঘটানো হয় △
(iii) কম চাপে ও উচ্চ তাপমাত্রায় ঘটানো হয় △
(iv) কম চাপে ও নিম্ন তাপমাত্রায় ঘটানো হয় △

(ঘ) উভমুখী বিক্রিয়ায় অনুঘটক—

(i) কেবল সম্মুখ বিক্রিয়ার হার বাড়ায় △
(ii) সম্মুখ বিক্রিয়ার হার বিপরীত বিক্রিয়ার হার অপেক্ষা অধিক করে △
(iii) সম্মুখ বিক্রিয়ার গতিবেগ বাড়ায় এবং বিপরীত বিক্রিয়ার গতিবেগ কমায় △
(iv) সম্মুখ ও বিপরীত বিক্রিয়ার গতি সমভাবে প্রভাবিত করে △

II

1. 500°C তাপমাত্রায় 1·04 গ্রাম হাইড্রোজেন এবং 12,060 গ্রাম আয়োডিন 5,058 গ্রাম হাইড্রোজেন আয়োডাইডের সহিত সাম্যাবস্থায় আছে। বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক নির্ণয় কর। [উঃ 63·2]

2. HI এর বিয়োজন বিক্রিয়ায় সাম্যাবস্থায় 69% গ্রাম-অণু HI থাকিলে K_P নির্ণয় কর। [উঃ 0·178]

3. 5·30 গ্রাম-অণু আয়োডিন এবং 7·94 গ্রাম-অণু হাইড্রোজেনের মিশ্রণ নিয়া সুরু করিলে দেখা গেল সাম্যাবস্থায় $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$ বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক 50·21। সাম্যাবস্থায় কত গ্রাম-অণু HI তৈরী হইবে? [উঃ 9·72 গ্রাম-অণু]

4. 100 অ্যাটমসফিয়ার চাপে 3 গ্রাম-অণু হাইড্রোজেন এবং 1 গ্রাম-অণু নাইট্রোজেনের বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় 0·5 গ্রাম-অণু অ্যামোনিয়া আছে। $^3/_2H_2 + \frac{1}{2}N_2 \rightleftharpoons NH_3$ বিক্রিয়ার K_P একই উষ্ণতায় নির্ণয় কর। [উঃ 0·00594]

5. এক গ্রাম-অণু অ্যাসিটিক অ্যাসিড এবং এক গ্রাম-অণু ইথাইল অ্যালকোহলের বিক্রিয়া ঘটাইলে দেখা যায় সাম্যাবস্থায় 33·3% অবিকৃত অ্যাসিড রহিয়াছে। বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক নির্ণয় কর। [উঃ 4]

6. এক গ্রাম-অণু অ্যাসিটিক অ্যাসিড এবং তিন গ্রাম-অণু ইথাইল অ্যালকোহলের বিক্রিয়া ঘটাইয়া সাম্যাবস্থায় আনা হইল। যদি বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক 4 হয়, তাহা হইলে কি পরিমাণ ইথাইল অ্যাসিটেট সাম্যাবস্থায় উৎপন্ন হইয়াছে? [উঃ 0·91 গ্রাম-অণু]

7. 250°C তাপমাত্রায় ফসফরাস পেন্টোক্লাইডের বিয়োজন সমীকরণ $PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2$ এর সাম্যধ্রুবক (K_P)=1·8 ; এই সিস্টেমটি কত চাপে রাখিলে শতকরা 50 ভাগ পেন্টাক্লোরাইড বিয়োজিত হইবে? [উঃ 3·4 অ্যাটমসফিয়ার]

8. $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$ বিক্রিয়ায় এক গ্রাম-অণু নাইট্রোজেন এবং এক গ্রাম-অণু অক্সিজেন মিশাইলে সাম্যাবস্থায় 2% NO থাকে। K_P নির্ণয় কর। [উঃ 0·00167]

9. 6·22 গ্রাম-অণু হাইড্রোজেন ও 5·71 গ্রাম-অণু আয়োডিন 357°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হইল। সাম্যাবস্থায় দেখা গেল 0·91 গ্রাম-অণু আয়োডিন মুক্ত অবস্থায় রহিয়াছে। $2HI \rightleftharpoons H_2 + I_2$ এই বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক নির্ণয় কর। [উঃ 0·0140]

10. 3 গ্রাম-অণু PCl_5 কে একটি আবদ্ধ 2 লিটার ফ্লাস্কে উত্তপ্ত করা হইল। সাম্যাবস্থায় দেখা গেল 70% PCl_5 অবিয়োজিত রহিয়াছে। বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক বাহির কর। [উঃ 0·198]

11. 27°C তাপাঙ্কে এবং 15 অ্যাটমসফিয়ার চাপের অ্যামোনিয়া গ্যাসকে আবদ্ধ পাত্রে একটি প্রভাবকের উপস্থিতিতে 347°C তাপাঙ্ক পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হইলে এই অবস্থায় উহা $2NH_3 \rightleftharpoons N_2 + 3H_2$ সমীকরণ অনুসারে আংশিকভাবে বিয়োজিত হয়। ইহাতে পাত্রটির আয়তন অপরিবর্তিত থাকে কিন্তু চাপ বৃদ্ধি পাইয়া 50 অ্যাটমসফিয়ার হয়। প্রকৃতপক্ষে শতকরা কত ভাগ অ্যামোনিয়া বিয়োজিত হয়? [উঃ শতকরা 68·3 ভাগ]

দ্বিতীয় পর্ব

প্রথম অধ্যায়

1. **টীকা লিখ ঃ** (ক) অনুঘটক ও অনুঘটন (খ) বহুরূপতা (গ) জায়মান অবস্থা ও জায়মান হাইড্রোজেন (ঘ) অন্তর্ধৃতি (ঙ) নিঃশব্দ বিদ্যুৎক্ষরণ (চ) খরজল ও মৃদুজল (ছ) পারমুটিট (জ) হাইড্রাইড।

2. শক্ত কাচনলে মারকিউরিক অক্সাইড উত্তপ্ত করিলে একটি গ্যাস নির্গত হয়। ঐ গ্যাসের নাম কি? পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে ঐ গ্যাস ল্যাবরেটরীতে কিভাবে প্রস্তুত করিবে? পটাসিয়াম ক্লোরেটের সহিত ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড মিশানো হয় কেন?

অক্সিজেন প্রস্তুতির সময় কি কি সতর্কতা অবলম্বন করা দরকার? অক্সিজেনের ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

3. নিম্নলিখিত যৌগগুলির একটি উপাদান মৌল অক্সিজেন তাহা পরীক্ষা দ্বারা কিভাবে প্রমাণ করিবে : (ক) লেড নাইট্রেট (খ) সালফিউরিক অ্যাসিড (গ) নাইট্রিক অ্যাসিড (ঘ) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড।

'অক্সিজেন' শব্দের অর্থ অ্যাসিড 'উৎপাদক'। এই নামের যথার্থতা দুইটি উদাহরণের সাহায্যে প্রমাণ কর। সর্বক্ষেত্রেই কি নাম সার্থক? যদি না হয় তবে অন্ততঃ দুইটি উদাহরণ সহ দেখাও এই নামটি অসার্থক।

4. ল্যাবরেটরীতে কিভাবে অক্সিজেন প্রস্তুত করা যায়? বায়ু হইতে কিভাবে অক্সিজেন পাওয়া যাইতে পারে—সংক্ষেপে লিখ।

কি শর্তে অক্সিজেন নিম্নলিখিত অধাতু ও ধাতুর সহিত বিক্রিয়া করে ; সমীকরণ সহ লিখ : হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন, সালফার, ফসফরাস এবং সোডিয়াম।

5. ল্যাবরেটরীতে কিভাবে হাইড্রোজেন গ্যাস প্রস্তুত ও সংগ্রহ করা হয়? ইহার প্রস্তুতি এবং সংগ্রহকালে কি কি সতর্কতা অবলম্বন প্রয়োজন? কিরূপে এই গ্যাস বিশুদ্ধ করা হয়? হাইড্রোজেনের ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

অক্সিজেন গ্যাস ব্যবহার না করিয়া হাইড্রোজেনকে জলে পরিণত করার একটি উপায় বল।

6. চিত্রসহ কিপ্ যন্ত্রের বর্ণনা দাও। কিপ্ যন্ত্রে কিভাবে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা হয়? কি বিশেষ উদ্দেশ্য সাধন করিতে কিপযন্ত্রে কোন্ গ্যাস উৎপন্ন করা হয়?

7. নিম্নলিখিত শর্তে কিভাবে জলের বিযোজন হইতে হাইড্রোজেন প্রস্তুত ও সংগ্রহ করা যাইতে পারে : (ক) সাধারণ তাপমাত্রায় ধাতুর সহিত বিক্রিয়ায় (খ) লোহিত তপ্ত ধাতুর সহিত বিক্রিয়ায় (গ) কোন রাসায়নিক দ্রব্য ব্যবহার ব্যতিরেকে।

হাইড্রোজেনের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের সংক্ষিপ্ত আলোচনা কর। প্রকৃত পরীক্ষা দ্বারা দেখাও : (ক) হাইড্রোজেন বায়ুতে জ্বালাইলে জল উৎপন্ন হয় (খ) হাইড্রোজেন বায়ু অপেক্ষা হালকা (ঘ) হাইড্রোজেন একটি বিজারক দ্রব্য (ঙ) জায়মান হাইড্রোজেন আণবিক হাইড্রোজেন অপেক্ষা অধিকতর শক্তিশালী বিজারক।

8. মৃদুজল ও খরজল কাহাকে বলে? জলের খরতার কারণ কি? স্থায়ী ও অস্থায়ী খরতা কি কারণে হয়? স্থায়ী ও অস্থায়ী খরতা দূর করা যায় এমন একটি পদ্ধতির বিশদ আলোচনা কর।

নদীর জল, বৃষ্টির জল, প্রস্রবণের জল, সমুদ্রের জল, নলকূপের জল, পাতিত জল, বরফ গলাইয়া প্রস্তুত জলের মধ্যে কোন্ কোন্‌টি খরজল বল।

9. কাপড় কাচা, বয়লার এবং রন্ধন কার্যের প্রয়োজনে খরজল ব্যবহার অসুবিধাজনক কেন? প্রাকৃতিক উৎস হইতে নেওয়া অশুদ্ধ খরজল হইতে পৃথকভাবে পারমুটিট পদ্ধতি এবং পাতন দ্বারা অশুদ্ধি দূর করা হইল। এইভাবে প্রাপ্ত জলের মধ্যে কোনটি বিশুদ্ধতর? সামান্য পরিমাণে জিঙ্ক সালফেট বা পটাসিয়াম সালফেট পাতিত জলে মিশাইলে ইহা কি খরজলে পরিণত হইবে?

10. রাসায়নিক সমীকরণসহ জলের খরতা দূরীকরণের পদ্ধতিগুলি সংক্ষেপে আলোচনা কর।

11. কি অবস্থায় জল নিম্নলিখিত পদার্থগুলির সঙ্গে বিক্রিয়া করে সমীকরণ সহ আলোচনা কর (ক) সোডিয়াম (খ) ক্যালসিয়াম (গ) আয়রন (ঘ) কার্বন (ঙ) চূণ (চ) ক্যালসিয়াম কার্বাইড (ছ) সোডিয়াম পার-অক্সাইড (জ) ফসফরাস পেন্টোক্সাইড (ঝ) ম্যাগনেসিয়াম।

12. একটি বর্ণহীন তরল জল কিনা কিভাবে জানা যায়? প্রকৃত পরীক্ষা ও অন্যান্য যুক্তি সহ প্রমাণ কর—জল একটি যৌগিক পদার্থ।

13. বৈশ্লেষিক এবং সাংশ্লেষিক পদ্ধতির সাহায্যে জলের আয়তন মাত্রিক সংযুতি নির্ণয় কর।

14. জলের ওজন মাত্রিক সংযুতি নির্ণয়ে ডুমার পরীক্ষার বর্ণনা দাও। এই পরীক্ষায় কি কি সাবধানতা অবলম্বন প্রয়োজন উল্লেখ কর।

15. জলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত 1 : 8। দুইটি পরীক্ষা দ্বারা এই বিষয়ের সত্যতা প্রমাণ কর।

16. লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত বিশুদ্ধ জলের মধ্যে তড়িৎ প্রবাহিত করিলে যে দুইটি গ্যাসীয় পদার্থ উৎপন্ন হয় তাহা কিভাবে সংগ্রহ করিবে? যন্ত্রসজ্জার চিত্র সহ একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর। ঐ সকল গ্যাসীয় পদার্থকে কিভাবে সনাক্ত করা যায়? কি শর্তে উহারা আবার জলে পরিণত হইতে পারে?

17. প্রতি লিটারে 1·62 গ্রাম $Ca(HCO_3)_2$ আছে এইরূপ 10,00000 লিটার জলের খরতা দূর করিতে কি পরিমাণ CaO প্রয়োজন? [উঃ $5{\cdot}6 \times 10^5$ গ্রাম]

18. ল্যাবরেটরীতে কিভাবে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়—এইভাবে প্রাপ্ত হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড কিভাবে বিশুদ্ধ করা হয়? ইহার প্রধান প্রধান ধর্ম ও ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান সংক্ষেপে লিখ। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড জারক ও বিজারকরূপে কাজ করে—উদাহরণসহ আলোচনা কর।

19. হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রস্তুতির বিভিন্ন প্রণালী সংক্ষেপে আলোচনা কর। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের একটি লঘু দ্রবণ জলগাহে উত্তপ্ত করিলে কি হয়? পরীক্ষা সাহায্যে প্রমাণ কর (ক) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড একটি জারক।

(খ) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড একটি বিজারক। (গ) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড বিযোজনে অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। (ঘ) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড অ্যাসিড ধর্ম প্রকাশ করে।

20. নিম্নলিখিত পদার্থগুলির সহিত হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের ক্রিয়া সমীকরণসহ লিখ : (ক) অম্লীকৃত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট (খ) লেড সালফাইড (গ) অম্লীকৃত পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ (ঘ) ওজোন (ঙ) সিলভার অক্সাইড।

10 vol হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড বলিতে কি বুঝায়? একটি তরল পদার্থ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড কি জল তাহা কিরূপে জানিবে?

21. চিত্রসহ ল্যাবরেটরীতে ওজোন প্রস্তুতির একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর। ওজোনের কয়েকটি ভৌতধর্মসহ ইহার রাসায়নিক ধর্মের আলোচনা কর। ওজোনের কয়েকটি ব্যবহার উল্লেখ কর।

22. (ক) ওজোন অক্সিজেনের রূপভেদ কিরূপে প্রমাণ করিবে?

(খ) ওজোন ও অক্সিজেনের মধ্যে ওজোন অধিক সক্রিয় কেন? ওজোন ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মাবলীর একটি তুলনামূলক আলোচনা কর।

23. নিম্নলিখিত সমীকরণগুলি সম্পূর্ণ ও সঠিকভাবে লিখ :

(a) $H_2O_2+K_2Cr_2O_7+...\rightarrow Cr_2(SO_4)_3+...+H_2O.$

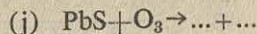
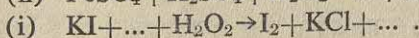
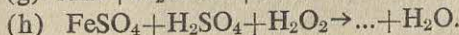
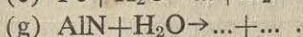
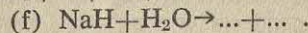
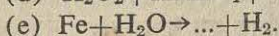
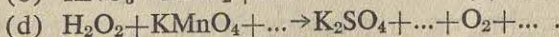
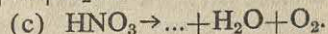
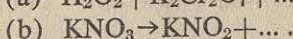
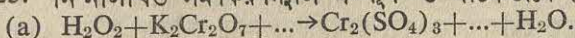
(b) $KNO_3\rightarrow KNO_2+...$. (c) $HNO_3\rightarrow ...+H_2O+O_2.$

(d) $H_2O_2+KMnO_4+...\rightarrow K_2SO_4+...+O_2+...$.

(e) $Fe+H_2O\rightarrow ...+H_2.$ (f) $NaH+H_2O\rightarrow ...+...$.

(g) $AlN+H_2O\rightarrow ...+...$.

(h) $FeSO_4+H_2SO_4+H_2O_2\rightarrow ...+H_2O.$

(i) $KI+...+H_2O_2\rightarrow I_2+KCl+...$. (j) $PbS+O_3\rightarrow ...+...$

24. নিম্নলিখিত প্রক্রিয়াগুলিতে কি রকম রাসায়নিক ও বাহ্যিক পরিবর্তন হয় সমীকরণসহ উল্লেখ কর : (ক) সোডিয়ামকে অতিরিক্ত বায়ুতে দগ্ধ করিয়া উৎপন্ন পদার্থকে পৃথকভাবে জল এবং লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া ঘটানো হইল। (খ) লেড নাইট্রেট, সিলভার নাইট্রেট, পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট, পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেট প্রত্যেকটি পদার্থকে পৃথকভাবে উত্তপ্ত করা হইল। (গ) পটাসিয়াম ক্লোরেটকে শুধু ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের সহিত মিশাইয়া উত্তপ্ত করা হইল। (ঘ) একটি নাইট্রিক অক্সাইড পূর্ণ এবং একটি হাইড্রোজেন গ্যাসপূর্ণ গ্যাসজার বায়ুতে খোলা হইল। (ঙ) ওজোন এবং ইথিলীনের বিক্রিয়া ঘটানো হইল। (চ) সালফার ডাই-অক্সাইড জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণ বায়ুর সংস্পর্শে রাখা হয়।

25. কিভাবে পৃথক করা যায় আলোচনা কর।

(ক) ওয়াটারগ্যাস হইতে হাইড্রোজেন (খ) হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণ হইতে হাইড্রোজেন (গ) হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণ হইতে অক্সিজেন (ঘ) অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের মিশ্রণ হইতে অক্সিজেন (ঙ) অক্সিজেন ও ওজোনের মিশ্রণ হইতে অক্সিজেন।

26. সমীকরণসহ (যেক্ষেত্রে সম্ভব) নিম্নলিখিত বিষয়গুলির কারণ দর্শাও :

(ক) জিঙ্ক হইতে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতিকালে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয় না। (খ) সাধারণতঃ নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে ধাতু দ্বারা হাই-

ড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হয় না। (গ) সাবান সহজে খর জলের সহিত ফেনা সৃষ্টি করে না। (ঘ) খর জল বয়লারে ব্যবহারের অযোগ্য। (ঙ) একটি টেষ্ট টিউবে সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণে কিপযন্ত্র হইতে উৎপন্ন হাইড্রোজেন প্রবাহিত করিলে দ্রবণের বর্ণ অপরিবর্তিত থাকে। কিন্তু সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণে একটুকরা জিঙ্কের ছিবড়া যোগ করিলে দ্রবণ বর্ণহীন হয়। (চ) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রস্তুতিতে অনার্দ্র বেরিয়াম পার-অক্সাইডের পরিবর্তে সোদক বেরিয়াম পার-অক্সাইড ব্যবহার করা হয়। (ছ) দীর্ঘদিন বাতাসে উন্মুক্ত থাকায় কালো হওয়া তৈলচিত্র হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণ দ্বারা ধৌত করিলে ইহার পূর্ব রঙ ফিরিয়া আসে।

27. নিম্নলিখিত বিষয়গুলির মধ্যে কোনগুলি সত্য √ দ্বারা চিহ্নিত কর :

(ক) ওজোন একটি স্থায়ী যৌগ (খ) অক্সিজেন ওজোনের একটি রূপভেদ (গ) ওজোন একটি জারক দ্রব্য (ঘ) খরজল পানীয় জল হিসাবে একেবারে অযোগ্য। (ঙ) অক্সিজেন ওজোন অপেক্ষা অধিক সক্রিয়। (চ) ওজোন অক্সিজেনের আইসোটোপ (ছ) হাইড্রোজেন পার-অক্সাই একটি হাইড্রাইড।

দ্বিতীয় অধ্যায়

1. বায়ুতে এবং নাইট্রিক অক্সাইডে অক্সিজেন আছে। প্রমাণ কর, উহাদের একটিতে অক্সিজেন মুক্ত মৌলরূপে এবং অপরটিতে অন্য মৌলের সহিত রাসায়নিক ভাবে যুক্ত আছে।

2. বায়ুর উপাদানগুলির নাম ও প্রাণিজগতে উহাদের প্রয়োজনীয়তা বর্ণনা কর। এমন একটি পরীক্ষার বর্ণনা কর যাহাতে প্রমাণিত হয় বায়ুতে প্রধানতঃ দুইটি গ্যাস 1 : 4 আয়তন অনুপাতে আছে এবং উহাদের মধ্যে একটি দহনের সহায়ক অপরটি দহনের সহায়তা করে না।

3. উপযুক্ত যুক্তির দ্বারা দেখাও বায়ু একটি মিশ্র পদার্থ, মৌল বা যৌগ নহে।

4. ল্যাবরেটরীতে কিভাবে শুষ্ক নাইট্রোজেন গ্যাস প্রস্তুত করা হয়? নাইট্রোজেনের প্রধান প্রধান ধর্মগুলি বর্ণনা কর। কয়েকটি রাসায়নিক ধর্মের উল্লেখ কর যাহা উহার রাসায়নিক সক্রিয়তা প্রমাণে সাহায্য করে। নাইট্রোজেনের কয়েকটি ব্যবহার লিখ। নাইট্রোলিম কি?

5. নিম্নলিখিত পদার্থ হইতে কিভাবে নাইট্রোজেন পাওয়া যায় : (ক) বায়ু (খ) অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট (গ) অ্যামোনিয়া (ঘ) নাইট্রিক অ্যাসিড। বায়ু হইতে প্রাপ্ত নাইট্রোজেন এবং অ্যামোনিয়াম লবণ হইতে প্রস্তুত নাইট্রোজেনের মধ্যে কোনটি অপেক্ষাকৃত ভারী এবং কেন?

6. কি কি শর্তে নাইট্রোজেন নিম্নলিখিত পদার্থের সহিত বিক্রিয়া করে? (ক) ম্যাগনেসিয়াম (খ) অ্যালুমিনিয়াম (গ) হাইড্রোজেন (ঘ) ক্যালসিয়াম কার্বাইড (ঙ) অক্সিজেন।

বিক্রিয়াজাত পদার্থের নাম লিখ এবং উহাদের সহিত জলের ক্রিয়া বর্ণনা কর।

7. (ক) বাহ্যিক পরিবর্তনসহ কি রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে সমীকরণ সাহায্যে বল : (অ) সোডিয়াম নাইট্রাইট ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের ঘন দ্রবণ উত্তপ্ত করা হইল। (আ) বায়ুতে একটি ম্যাগনেসিয়াম তার পুড়াইয়া উৎপন্ন পদার্থগুলির সহিত জলের বিক্রিয়া ঘটানো হইল। (ই) উত্তপ্ত ক্যালসিয়ামের উপর দিয়া নাইট্রোজেন প্রবাহিত করিয়া বিক্রিয়াজাত পদার্থে জল মিশানো হইল।

(খ) অসম্পূর্ণ স্থান পূর্ণ করিয়া সম্পূর্ণ সমীকরণ লিখ ঃ
(অ) $CaC_2+......=CaCN_2+...$। (আ) $...+NH_3=N_2+...$
(গ) একটি বর্ণহীন গ্যাস অক্সিজেন বা নাইট্রোজেন তাহা কিভাবে সনাক্ত করিবে?
(ঘ) টীকা লিখ ঃ নাইট্রোজেনের প্রাকৃতিক বিবর্তন চক্র।

তৃতীয় অধ্যায়

1. কার্বনের বিভিন্ন রূপভেদের নাম কর। ইহাদের প্রতিটির ধর্ম এবং ব্যবহার উল্লেখ কর। কিভাবে কৃত্রিম গ্রাফাইট প্রস্তুত করা হয়? প্রমাণ কর কার্বনের বিভিন্ন রূপভেদগুলি একই কার্বন মৌলের প্রকার ভেদ।

2. ফসফরাস কিভাবে অস্থিভস্ম বা ফসফেট খনিজ হইতে প্রস্তুত করা হয়? কি ভাবে সাদা ফসফরাসকে লাল ফসফরাসে এবং লাল ফসফরাসকে সাদা ফসফরাসে পরিণত করা যায়? নাইট্রোজেন এবং ফসফরাসের ধর্মের সাদৃশ্য ও বৈসাদৃশ্যগুলি উল্লেখ কর।

3. নিম্নলিখিত বিক্রিয়কগুলির সহিত ফসফরাসের বিক্রিয়া সমীকরণ সহ লিখ ঃ (ক) কষ্টিক সোডা দ্রবণ (খ) কপার সালফেট দ্রবণ (গ) ক্লোরিন (ঘ) নাইট্রিক অ্যাসিড। সাদা ও লাল ফসফরাসের ধর্মের একটি তুলনামূলক আলোচনা কর।

4. সালফারের প্রাকৃতিক উৎস কি? প্রাকৃতিক উৎস হইতে কি ভাবে সালফার নিষ্কাশিত করা হয় তাহার একটি পদ্ধতির বর্ণনা কর। সালফারের কয়েকটি ব্যবহার লিখ।

সালফার একটি বহুরূপী মৌল, উদাহরণসহ আলোচনা কর। বিভিন্ন রূপভেদগুলি যে একই সালফার মৌলের প্রকার ভেদ তাহা কিভাবে প্রমাণ করিবে?

5. ল্যাবরেটরীতে বিশুদ্ধ (হাইড্রোজেন ক্লোরাইড মুক্ত) ক্লোরিন কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? ইহার কয়েকটি ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের উল্লেখ কর। ক্লোরিন কি ভাবে (ক) কষ্টিক পটাস (খ) কলিচুন (গ) হাইড্রোজেন সালফাইড (ঘ) কার্বন মনোক্সাইড (ঙ) অ্যামোনিয়া দ্রবণ এর সহিত বিক্রিয়া করে? ক্লোরিনের কয়েকটি ব্যবহার লিখ।

6. ব্রোমিন ও আয়োডিন প্রস্তুতির ল্যাবরেটরী পদ্ধতি সংক্ষেপে লিখ। দেখাও, অনেক বিক্রিয়াতেই ব্রোমিন ক্লোরিনের ন্যায় আচরণ করে। ব্রোমিনের কয়েকটি ব্যবহার উল্লেখ কর।

7. আয়োডিনের সহিত নিম্নলিখিত বিকারকগুলির ক্রিয়া সমীকরণসহ আলোচনা কর: (ক) জল (খ) ক্ষার দ্রবণ (গ) পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ (ঘ) নাইট্রিক অ্যাসিড।

8. হ্যালোজেন বলিতে কি বুঝায়? ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনের ধর্মের তুলনামূলক সংক্ষিপ্ত আলোচনা কর।

9. নির্দেশ মত উত্তর দাও : (ক) পটাসিয়াম ক্লোরেটে ক্লোরিন ও অক্সিজেন আছে প্রমাণ কর। (খ) একটি কালো পদার্থ ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড অথবা কার্বন চূর্ণ কিনা তাহা কিরূপে জানিবে? (গ) পটাসিয়াম ক্লোরেট ও ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড উত্তপ্ত করিয়া অক্সিজেন প্রস্তুত করা হয়। আবার ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড উত্তপ্ত করিয়া ক্লোরিন পাওয়া যায়। উভয় বিক্রিয়ায় ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের ভূমিকা কি? (ঘ) একটি বাদামী কঠিন পদার্থ আয়োডিন অথবা গ্রাফাইট তাহা কিরূপে সনাক্ত করিবে? (ঙ) অক্সিজেন হইতে সামান্য ক্লোরিন কিভাবে দূর করিবে? (চ) ক্যালসিয়াম ফসফেটে ফসফরাস আছে—প্রমাণ কর।

10. টীকা লিখ : (ক) গ্রাফাইট (খ) বহির্ধৃতি (গ) উজ্জীবিত কয়লা (ঘ) আইভরি ব্ল্যাক (ঙ) অনুপ্রভা (চ) ক্লোরিনের বিরঞ্জন ধর্ম (ছ) ফ্র্যাশ পদ্ধতি।

11. (কে) —একটি অনুপ্রভ মৌল। (ফসফরাস/সালফার এর মধ্যে কোনটি

অসম্পূর্ণ স্থানে বসাইবে?) (খ) লেড পেন্সিলে লেড নাই তবে কি আছে? (গ) আয়োডিন ও পটাসিয়াম আয়োডাইডের মিশ্রণ হইতে কি ভাবে উপাদানগুলি পৃথক করিবে?

12. সম্পূর্ণ সমীকরণ লিখ : (ক) $K_2Cr_2O_7+HCl=KCl+CrCl_3+...+Cl_2$ (খ) $I_2+HNO_3=...+...+H_2O$।

13. 44°C গলনাঙ্ক বিশিষ্ট একটি সাদা কঠিন পদার্থকে কস্টিক সোডা দ্রবণ সহ উত্তপ্ত করিলে একটি গ্যাস উৎপন্ন হয় যাহা বায়ুর সংস্পর্শে জ্বলিয়া উঠে। B-কে সূর্যালোকে রাখিলে উহা আস্তে আস্তে বাদামী লাল বর্ণে রূপান্তরিত হয়। বায়ুর অবর্তমানে এই কঠিন পদার্থকে 260°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে এই রং এর পরিবর্তন ত্বরান্বিত হয়। B পদার্থটি সনাক্ত কর।

চতুর্থ অধ্যায়

1. ল্যাবরেটরীতে বিশুদ্ধ কার্বন মনোক্সাইডের প্রস্তুতি পদ্ধতি চিত্রসহ আলোচনা কর। কি ভাবে ইহা সংগৃহীত হয়? কার্বন মনোক্সাইড এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডের ধর্মের তুলনামূলক আলোচনা কর। স্বল্প বাতাসে কয়লা পুড়ানো বিপজ্জনক কেন?

2. কার্বন মনোক্সাইডের সহিত (ক) ক্লোরিন (খ) কষ্টিক সোডা (গ) নিকেল চূর্ণ (ঘ) অ্যামোনিয়া যুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড কিভাবে বিক্রিয়া করে সমীকরণসহ আলোচনা কর। কার্বন মনোক্সাইডের দুইটি ব্যবহার উল্লেখ কর।

3. ল্যাবরেটরীতে কি ভাবে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়? কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত কি ভাবে নিম্নলিখিত বিকারকগুলির বিক্রিয়া হয় সমীকরণসহ লিখ : (ক) চুনজল (খ) অ্যামোনিয়া (গ) জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম (ঘ) জ্বলন্ত পটাসিয়াম। কার্বন ডাই-অক্সাইডের কয়েকটি ব্যবহার লিখ।

4. কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং কার্বন মনোক্সাইডের পারস্পরিক পরিবর্তন কি ভাবে করা যায়? এই উভয় গ্যাসেই কার্বন আছে—প্রমাণ কর। শুষ্ক বরফ বলিতে কি বুঝায়?

5. নির্দেশমত উত্তর দাও : (ক) ল্যাবরেটরীতে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করিতে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয় না কেন? (খ) একটি বিক্রিয়কের নাম কর যাহা দ্বারা একটি গ্যাস নাইট্রাস অক্সাইড অথবা নাইট্রিক অক্সাইড চিনিতে পারিবে। (গ) একটি গ্যাস CO_2 কি SO_2 রাসায়নিক ক্রিয়া দ্বারা কিভাবে সনাক্ত করিবে? (ঘ) SO_2 একই সঙ্গে জারণ ও বিজারণ ধর্মের অধিকারী কেন? (ঙ) কার্বন ডাইঅক্সাইডে সামান্য সালফার ডাই-অক্সাইড মিশ্রিত আছে। এই মিশ্রণে কি ভাবে CO_2 সনাক্ত করিবে? (চ) CO এবং CO_2 গ্যাস কিভাবে সনাক্ত করিবে? (ছ) কোন গ্যাস H_2 কি CO কিভাবে সনাক্ত করিবে?

6. টীকা লিখ : (ক) শুকনো বরফ (খ) সিলিকা জেল (গ) অগ্নি নির্বাপক যন্ত্র।

7. সমীকরণ সম্পূর্ণ কর : (ক) $FeSO_4+...+H_2SO_4=FeSO_4NO+...$
(খ) $SO_2+Cl_2+...=H_2SO_4+...$
(গ) $HNO_3+P_2O_5=N_2O_5+...$।
(ঘ) $FeCl_3+SO_2+...=...+H_2SO_4+...$।

8. নিম্নলিখিত বিক্রিয়ায় কি ঘটে সমীকরণ সহ লিখ : (ক) লোহিত তপ্ত সিলিকা ও কোকের মিশ্রণে ক্লোরিন প্রবাহিত করা হইল। (খ) অম্লীকৃত পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট দ্রবণে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস প্রবাহিত করা হইল। (গ) অম্লীকৃত পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেট দ্রবণে SO_2 চালনা করা হইল। (ঘ) চুনের জলে ক্রমাগত CO_2 প্রবাহিত করা হইল এবং অবশেষে ইহাকে ফুটানো হইল।

9. প্রকৃতিতে সিলিকন ডাই-অক্সাইড কিভাবে পাওয়া যায়? কিভাবে বিশুদ্ধ সিলিকন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করিবে? কি শর্তে ইহা (ক) কার্বন (খ) NaOH (গ) HF এর সহিত বিক্রিয়া করে সমীকরণ সহ লিখ। ইহার কয়েকটি ব্যবহারের

উল্লেখ করা। সিলিকা এবং কার্বনডাই-অক্সাইডের সংক্ষিপ্ত তুলনামূলক আলোচনা কর।

10. নাইট্রোজেনের পাঁচটি অক্সাইডের নাম কর এবং উহাদের ধর্মের তুলনামূলক আলোচনা কর। নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইডকে মিশ্র নিরুদক বলা হয় কেন?

11. নাইট্রাস অক্সাইড ও নাইট্রিক অক্সাইড ল্যাবরেটরীতে কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? ইহাদের কয়েকটি ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের উল্লেখ কর। বলয় পরীক্ষার মূল বিক্রিয়া কি?

12. ফসফরাসের দুইটি প্রধান অক্সাইডের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। উহাদের সহিত জলের বিক্রিয়া কিভাবে হয়?

13. ল্যাবরেটরীতে কিভাবে সালফার ডাই-অক্সাইড সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে প্রস্তুত করিবে? নিম্নলিখিত বিক্রিয়কের সহিত সালফার ডাই-অক্সাইডের বিক্রিয়া সমীকরণ সহ লিখ।

(ক) ক্লোরিনের জলীয় দ্রবণ (খ) চুন জল (গ) ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণ (ঘ) হাইড্রোজেন সালফাইড (ঙ) সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড দ্রবণ। সালফার ডাই-অক্সাইড সালফারের যৌগ কি ভাবে প্রমাণ করিবে?

14. পরীক্ষা দ্বারা সালফার ডাই-অক্সাইডে চারিটি প্রধান রাসায়নিক ধর্ম বিবৃত কর। ইহাকে কি ভাবে সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত করা হয়? সালফার ডাই-অক্সাইডের বিরঞ্জন ক্ষমতার উপর টীকা লিখ।

15. একটি সোডিয়াম-লবণ (A) কে উত্তপ্ত করিলে একটি কঠিন পদার্থ (B) এবং অক্সিজেন পাওয়া যায়। B লঘু অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় একটি বাদামী গ্যাস নির্গত করে। B কে NH_4Cl সহ উত্তপ্ত করিলে একটি বর্ণহীন গ্যাসে উৎপন্ন হয় এবং কঠিন অবশেষ (C) পাওয়া যায়। A এবং NH_4Cl উত্তপ্ত করিলে ও একটি বর্ণহীন গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং অবশেষ হিসাবে পড়িয়া থাকে কঠিন (C)। A, B এবং C তিনটি যৌগ সনাক্ত কর এবং বিক্রিয়ার সমীকরণ লিখ।

[উঃ A=$NaNO_3$; B=$NaNO_2$; C=NaCl]

16. A, B এবং C তিনটি গ্যাসের মিশ্রণকে গ্রামে অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট দ্রবণের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে দ্রবণে A শোষিত হয় এবং দ্রবণ সবুজ হয়। বাকী গ্যাস দুইটি অতঃপর অতিরিক্ত চুন জলের মধ্য দিয়া পাঠাইলে দেখা যায় চুনজল ঘোলা হয় এবং B শোষিত হয়। বাকী গ্যাসটি (C) ক্ষারীয় পটাসিয়াম পাইরোগ্যালেট দ্রবণে শোষিত হয়। A, B এবং C গ্যাস তিনটির নাম কর। গ্যাস মিশ্রণ লেড অ্যাসিটেট দ্রবণে সিক্ত কাগজ কালো করে না।

[উঃ A—SO_2 ;. B—CO_2 ; C—O_2]

17. একটি সাদা পাউডার A কে উত্তপ্ত করিলে ইহা একটি গ্যাস উৎপন্ন করে যাহা চুনজলকে ঘোলা করে। অবশেষ হিসাবে যাহা থাকে তাহা উত্তপ্ত অবস্থায় ঈষৎ হলুদ কিন্তু শীতল অবস্থায় সাদা। A পদার্থটি কি?

পঞ্চম অধ্যায়

1. নাইট্রাস অ্যাসিড কি ভাবে প্রস্তুত করা হয়? ইহার জারণ-ধর্ম কয়েকটি সমীকরণসহ উল্লেখ কর। নাইট্রাস অ্যাসিড এবং নাইট্রাইট কি ভাবে সনাক্ত করা যায়?

2. ল্যাবরেটরীতে কি ভাবে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়?, ইহার রাসায়নিক ধর্মের সংক্ষিপ্ত আলোচনা কর। কপার, জিঙ্ক, ম্যাগনেসিয়াম ও আয়রনের সহিত নাইট্রিক অ্যাসিড কি ভাবে বিক্রিয়া করে? অম্লরাজ বলিতে কি বুঝায়?

3. নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত নিম্নলিখিত অধাতু এবং যৌগের বিক্রিয়া সমীকরণ সহ লিখ : (ক) কার্বন (খ) আয়োডিন (গ) ফসফরাস (ঘ) সালফিউরিক অ্যাসিড যুক্ত ফেরাস সালফেট দ্রবণ।

4. অস্থিভস্ম হইতে কি ভাবে ফসফরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায়? উত্তাপ প্রয়োগে এই অ্যাসিডের কি পরিবর্তন হয়? ফসফরাস অ্যাসিড ও ফসফরিক অ্যাসিডের ধর্ম সংক্ষেপে আলোচনা কর।

5. সালফিউরাস অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ কি ভাবে প্রস্তুত করিবে? ইহার অ্যাসিড ধর্ম ও বিজারণ ধর্ম উদাহরণসহ বর্ণনা কর। সালফাইট লবণ কি ভাবে চিনিতে পারিবে?

6. সালফিউরিক অ্যাসিডের ল্যাবরেটরী প্রস্তুতি বর্ণনা কর। এই পদ্ধতির বিক্রিয়ায় সমীকরণগুলি লিখ। ইহা কি ভাবে বিশুদ্ধ করা যায়? সালফিউরিক অ্যাসিডের কয়েকটি ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

পরীক্ষার বর্ণনা করিয়া দেখাও সালফিউরিক অ্যাসিড (ক) একটি নিরুদক (খ) জারক দ্রব্য। এমন দুইটি গ্যাসের নাম কর যাহা ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা শুষ্ক করা হয়। আবার এমন তিনটি গ্যাসের নাম কর যাহাদিগকে শুষ্ক করিতে ইহা ব্যবহৃত হয় না।

7. সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত নিম্নলিখিত পদার্থের বিক্রিয়া সমীকরণসহ উল্লেখ কর : (ক) সালফার (খ) কার্বন (গ) কপার (ঘ) লেড (ঙ) পটাসিয়াম নাইট্রেট (চ) বেরিয়াম নাইট্রেট। সালফেট মূলক কি ভাবে সনাক্ত করা যায়?

8. কি ভাবে প্রমাণ করিবে : (ক) সালফিউরিক অ্যাসিডে অক্সিজেন ও সালফার আছে? (খ) নাইট্রিক অ্যাসিডে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন আছে? (গ) ফসফরিক অ্যাসিডে ফসফরাস আছে?

9. সমীকরণ সহ আলোচনা কর : (ক) নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয় না। (খ) ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা অ্যামোনিয়া, হাইড্রোজেন সালফাইড, হাইড্রোজেন আয়োডাইড শুষ্ক করা হয় না (গ) তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের উপরে অবস্থান সত্ত্বেও আয়রন বা জিংক লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন নির্গত করে না। (ঘ) ফেরাস সালফাইডের সহিত লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া H_2S তৈরী করা হয় না। পটাসিয়াম নাইট্রাইট এবং পটাসিয়াম আয়োডাইডের মিশ্র দ্রবণ লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা অ্যাসিড যুক্ত করিয়া ইহাতে স্টার্চ যোগ করিলে ইহা নীল হয়।

ষষ্ঠ অধ্যায়

1. অ্যামোনিয়া প্রস্তুতির ল্যাবরেটরী পদ্ধতি চিত্রসহ বর্ণনা কর। অ্যামোনিয়া শুষ্কীকরণের উপর মন্তব্য লিখ। অ্যামোনিয়ার কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ ধর্ম ও ব্যবহার সম্বন্ধে আলোচনা কর। পরীক্ষার সাহায্যে প্রমাণ কর, অ্যামোনিয়া জলে দ্রাব্য এবং দ্রবণ ক্ষারধর্মী।

2. কি শর্তে এবং কি ভাবে অ্যামোনিয়া নিম্নলিখিত বিক্রিয়কগুলির সহিত ক্রিয়া করে সমীকরণসহ লিখ (ক) ধাতব সোডিয়াম (খ) কিউপ্রিক অক্সাইড (গ) লেড-মনোক্সাইড (ঘ) কার্বন ডাই-অক্সাইড (ঙ) অক্সিজেন (চ) কপার সালফেট দ্রবণ (ছ) ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণ (জ) সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ (ঝ) জলে ভাসমান সিলভার ক্লোরাইড। ধাতব সোডিয়ামের সহিত অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়াজাত পদার্থের উপর জলের ক্রিয়া বর্ণনা কর।

3. ল্যাবরেটরীতে কি ভাবে ফসফিন প্রস্তুত ও সংগ্রহ করা হয়? আর্বত বলয় বলিতে কি বুঝায়? ফসফিনের সহিত (ক) ক্লোরিন, (খ) কপার সালফেট (গ) সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ (ঘ) হাইড্রোজেন আয়োডাইডের বিক্রিয়া সমীকরণ সহ লিখ। অ্যামোনিয়া ও ফসফিনের একটি সংক্ষিপ্ত তুলনামূলক আলোচনা কর।

4. হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুতির ল্যাবরেটরী পদ্ধতি লিখ। কিপযন্ত্রের একটি পরিচ্ছন্ন চিত্র অংকন কর এবং ইহার সাহায্যে ল্যাবরেটরীতে কি ভাবে হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুত করা হয় বর্ণনা কর। অজৈব লবণ বিশ্লেষণে এই গ্যাসের প্রয়োগ ব্যাখ্যা কর।

5. হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের ল্যাবরেটরী প্রস্তুতি, ধর্ম ও ব্যবহার সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত আলোচনা কর। কি ভাবে ইহা হইতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করিবে?

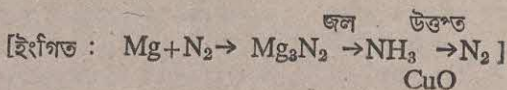
6. ল্যাবরেটরীতে হাইড্রোজেন ব্রোমাইড ও হাইড্রোজেন আয়োডাইড কি ভাবে প্রস্তুত করা হয় চিত্রসহ বর্ণনা কর। এই দুইটি পদার্থ হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের অনুরূপ পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা যায় না কেন? ইহাদের কয়েকটি বিশেষ ধর্মের উল্লেখ কর।

7. হাইড্রোক্লোরিক, হাইড্রোব্রোমিক ও হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিডের তুলনামূলক আলোচনা কর।

8. সমীকরণ এবং বাহ্যিক পরিবর্তন উল্লেখ করিয়া কি ঘটে লিখ : (ক) সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করার পর ইহাতে অ্যামোনিয়া মিশানো হইল। উৎপন্ন দ্রবণে পুনরায় নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করিলে কি হইবে? (খ) সোডিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে লেডনাইট্রেট দ্রবণ যোগ করিয়া উত্তপ্ত করার পর দ্রবণ ঠান্ডা করা হইল। (গ) অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেট দ্রবণে হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড যোগ করা হইল। (ঘ) পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেটে ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ফোঁটা ফোঁটা করিয়া যোগ করা হইল। (ঙ) সাদা ফসফরাস কস্টিক সোডা দ্রবণ সহ ফুটাইলে যে গ্যাসীয় পদার্থ উৎপন্ন হয় তাহা কপার সালফেট দ্রবণে চালনা করা হইল। (চ) সোডিয়াম নাইট্রেট দ্রবণ জিঙ্ক ধুলি এবং কস্টিক সোডা সহ উত্তপ্ত করা হইল।

9. কিভাবে প্রমাণ করিবে : (ক) অ্যামোনিয়া নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের যৌগ (খ) হাইড্রোজেন সালফাইডে সালফার ও হাইড্রোজেন আছে (গ) অ্যামোনিয়া বিজারণ ধর্ম দেখায়।

10. একটি গ্যাসকে (A) উত্তপ্ত ম্যাগনেসিয়ামের উপর প্রবাহিত করার পর যে বিক্রিয়াজাত পদার্থ পাওয়া যায় তাহা জলের সহিত ক্রিয়া করিয়া অপর একটি গ্যাস (B) উৎপন্ন করে। উৎপন্ন গ্যাসকে (B) উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর দিয়া পাঠাইলে উহা পুনরায় A গ্যাস দেয়। বিক্রিয়াগুলি ব্যাখ্যা কর।

[ইংগিত : $Mg + N_2 \rightarrow Mg_3N_2 \xrightarrow{\text{জল}} NH_3 \xrightarrow[CuO]{\text{উত্তপ্ত}} N_2$]

সপ্তম অধ্যায়

1. হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়ার শিল্প প্রস্তুতির একটি সংক্ষিপ্ত বিবরণ চিত্রসহ আলোচনা কর। বিক্রিয়ার উপর চাপ ও তাপমাত্রার প্রভাব কি? জলে ভাসমান ক্যালসিয়াম সালফেটের মধ্যে অ্যামোনিয়া ও কার্বন ডাই-অক্সাইড পাঠাইলে কি ঘটে সমীকরণ সহ লিখ।

2. অ্যামোনিয়া জারিত করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্প-প্রস্তুতির একটি সংক্ষিপ্ত বিবরণ লিখ। এই জারণ ক্রিয়া সম্পন্ন করিতে কি কি শর্ত-পালন করা প্রয়োজন? ব্যবহৃত অ্যামোনিয়া ও অক্সিজেনকে অধিক সময় অনুঘটকের সান্নিধ্যে রাখা হয় না কেন?

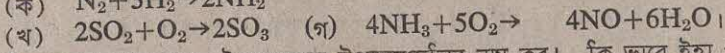
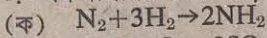
3. অ্যামোনিয়া হইতে অ্যামোনিয়াম সালফেট ও ইউরিয়ার শিল্প প্রস্তুতির বর্ণনা কর। একটি ফসফরাস ঘটিত সারের নাম কর এবং উহার শিল্পোৎপাদন বর্ণনা কর।

4. অ্যামোনিয়ার জারণ ব্যতীত নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্যোৎপাদনের অপর একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর।

5. 'সংস্পর্শ পদ্ধতিতে' সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্প প্রস্তুতি চিত্র সহ সংক্ষেপে আলোচনা কর। ভৌত রাসায়নিক তত্ত্বের পরিপ্রেক্ষিতে মূল বিক্রিয়াটি আলোচনা কর।

6. নির্দেশ মত কি ভাবে নিম্নলিখিত দ্রব্যগুলি তৈয়ারী করা সম্ভব লিখ : (ক) নাইট্রোজেন হইতে অ্যামোনিয়া এবং অ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রোজেন। (খ) সালফার

ডাই-অক্সাইড হইতে সালফার ট্রাই অক্সাইড এবং সালফার ট্রাই-অক্সাইড হইতে সালফার ডাই-অক্সাইড। (গ) অ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড এবং নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে অ্যামোনিয়া।

7. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলি ঘটাইতে কি কি প্রধান শর্ত বজায় রাখা হয় লিখ :
(ক) $N_2+3H_2 \rightarrow 2NH_3$
(খ) $2SO_2+O_2 \rightarrow 2SO_3$ (গ) $4NH_3+5O_2 \rightarrow 4NO+6H_2O$।

8. কোল গ্যাস কি? ইহার প্রধান উপাদানগুলির নাম কর। কি ভাবে ইহা প্রস্তুত ও বিশুদ্ধ করা হয়? কোল গ্যাস প্রস্তুতির প্রধান প্রধান উপজাত দ্রব্যগুলির নাম কর এবং ইহাদের ব্যবহার লিখ।

9. অন্তর্ধূম পাতন কাহাকে বলে? সাধারণ পাতনের সঙ্গে ইহার তফাৎ কি? কয়লার অন্তর্ধূম পাতনে যে গ্যাসীয় জ্বালানি পাওয়া যায় তাহার বিশুদ্ধিকরণ কি ভাবে করা হয়?

10. টীকা লিখ : (ক) সুপার ফসফেট অব্ লাইম (খ) স্পেণ্ট অক্সাইড (গ) ইউরিয়া (ঘ) ওলিয়াম (ঙ) সালফান।

পশ্চিমবঙ্গ উচ্চমাধ্যমিক পরীক্ষার প্রশ্ন

1978

CHEMISTRY (First Paper)

গ্রুপ—A

1 নং প্রশ্ন অবশ্যই উত্তর করিতে হইবে। বাকী প্রশ্নগুলি হইতে যে কোন তিনটি প্রশ্নের উত্তর লিখিতে হইবে।

1 (a) মৌলের রাসায়নিক সংযোগ সম্পর্কিত "গুণানুপাত সূত্রটি" লিখ এবং উপযুক্ত উদাহরণ দিয়া সূত্রটি ব্যাখ্যা কর।

(b) 0·90 গ্রাম জলের মধ্যে অক্সিজেনের পরমাণুর সংখ্যা কত?

অথবা,

(a) মৌলের তুল্যাঙ্কের সংজ্ঞা দাও।

(b) একটি ধাতব অক্সাইডে 60% ধাতু আছে। ঐ ধাতুটির তুল্যাংক কত?

2. (a) অ্যাভোগ্রাড্রো প্রকল্পটি বিবৃত কর। এই প্রকল্পটির প্রয়োজন কেন হইয়াছিল?

(b) 27°C এর 750 (mm) চাপে একটি গ্যাস মিশ্রণে আয়তন হিসাবে 80% CO এবং 20% CO_2 আছে। এই মিশ্রণের 1·52 লিটারে কত গ্রাম CO_2 আছে?

3. (a) "নর্ম্যাল দ্রবণ" কাহাকে বলে?

(b) একটি লেবরেটারী বোতলে 12N HCI বলিয়া চিহ্নিত আছে। ইহা হইতে 20 c.c 3N HCI দ্রবণ কিরূপে তৈয়ারী করিবে?

(c) প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 5·6 লিটার শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস এক লিটার নর্মাল H_2SO_4 দ্রবণের মধ্যে প্রবাহিত করা হইল। এখন মিশ্রণটিকে প্রশমিত করিতে কত আয়তন 0·1N KOH দ্রবণ লাগিবে? [প্রয়োজন হইলে S=32 এবং N=14 ব্যবহার করিতে পার]

9. (a) উপযুক্ত উদাহরণ সহযোগে জারণ ও বিজারণ পদ্ধতির ইলেকট্রনীয় ব্যাখ্যা দাও। জারণ বিজারণ ক্রিয়া একই সংগে ঘটে, তাহা বুঝাইয়া দাও।

(b) $KMnO_4$ যৌগে Mn এর, এবং C_2H_4 যৌগে C এর জারণ সংখ্যা নির্ণয় কর।

5 (a) (i) একটি নির্দ্দিষ্ট তাপমাত্রায় ও 2 অ্যাটমসফিয়ার পূর্ণ চাপে (Total pressure) NO_2 (গ্যাস) + CO (গ্যাস) $\rightleftharpoons$ CO_2 (গ্যাস) + NO (গ্যাস) এই বিক্রিয়ার বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলি সাম্যাবস্থায় (Equilibrium) আছে। এখন পূর্ণচাপ যদি 4 অ্যাটমসফিয়ার পর্যন্ত বাড়ান হয়, তাহা হইলে বিক্রিয়াজাত পদার্থ-গুলির পরিমাণ বৃদ্ধি পাইবে, হ্রাস পাইবে না অপরিবর্তিত থাকিবে—তাহা বুঝাইয়া লিখ।

(ii) উপরিউক্ত বিক্রিয়ায় যদি বাহির হইতে CO গ্যাস প্রবেশ করাইয়া CO এর অংশপ্রেষ (Partial pressure) বাড়ান হয়, তাহা হইলে বিক্রিয়াজাত পদার্থের পরিমাণ কিরূপ ভাবে প্রভাবিত হইবে? [গুণমূলক (qualitative) বর্ণনায় উত্তর দাও]

(b) যদি ফিনলথ্যালিন সূচক (indicator) ব্যবহার করা হয়, তাহা হইলে 10 সি.সি. 1·0 N Na_2CO_3 দ্রবণের প্রশমণের জন্য 5 সি.সি. 1·0 N HCl দ্রবণের প্রয়োজন। কেন, তাহা বুঝাইয়া লিখ।

6. নিম্নলিখিত বিবৃতিগুলির ব্যাখ্যা কর :

(a) যৌগের স্থূল সংকেত ও আণবিক সঙ্কেত সব সময়ে এক হয় না।

(b) অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড একটি উভধর্মী অক্সাইড।

(c) ফেরিক ক্লোরাইড শমিত লবণ হইলেও ইহার জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী।

(d) অ্যাসিড মাত্রেই হাইড্রোজেন আছে, কিন্তু হাইড্রোজেন থাকিলেই অ্যাসিড হয় না।

গ্রুপ—B

7 নং প্রশ্ন অবশ্যই উত্তর করিতে হইবে। বাকী প্রশ্নগুলি হইতে যে কোন তিনটি প্রশ্নের উত্তর লিখিতে হইবে।

7. জলের 'খরতা' বলিতে কি বুঝায়? কি কি কারণে খরতার সৃষ্টি হয় বুঝাইয়া লিখ।

অথবা

প্রমাণ কর যে
(a) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে ক্লোরিন আছে।
(b) নাইট্রিক অ্যাসিডে অক্সিজেন আছে।

8. কি ঘটে, তাহা সমীকরণ সহ বর্ণনা কর (যে কোন চারটি) :
(a) অস্থিভস্ম, বালি ও কাঠকয়লা চূর্ণের মিশ্রণকে ইলেকট্রিক্ চুল্লীতে উত্তপ্ত করা হইল।
(b) সোডিয়াম আয়োডাইড গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সহ উত্তপ্ত করা হইল।
(c) নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত ফেরাস সালফেট দ্রবণে চালনা করা হইল।
(d) ঠান্ডা এবং লঘু (dilute) সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণে ক্লোরিন গ্যাস চালনা করা হইল।
(e) কষ্টিক পটাশ দ্রবণের সহিত শ্বেত ফসফরাস ফুটান হইল।

9. ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনের যে কোন তিনটি রাসায়নিক ধর্মের তুলনামূলক বিবরণ লিখ। ক্লোরিন ও আয়োডিনের প্রত্যেকটির দুইটি করিয়া ব্যবহারের উল্লেখ কর।

10. (a) শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস তৈরীর ল্যাবরেটরী পদ্ধতিটির সমীকরণসহ বর্ণনা দাও।
(b) নিম্নোক্ত ক্ষেত্রে কি ঘটে সমীকরণ সহ লিখ :
(i) NH_3 গ্যাস গলিত সোডিয়াম ধাতুর উপর পরিচালনা করা হইল।
(ii) কপার সালফেট দ্রবণে NH_4OH দ্রবণ ক্রমে ক্রমে অতিরিক্ত পরিমাণে ঢালা হইল।

11. (a) স্পর্শ পদ্ধতি দ্বারা সালফার ডাইঅক্সাইড হইতে সালফার ট্রাইঅক্সাইড উৎপন্ন করিতে হইলে যে সকল শর্ত পালন করা উচিত তাহা আলোচনা কর।
(b) গ্যাসীয় সালফার ট্রাইঅক্সাইড হইতে কি ভাবে সালফিউরিক অ্যাসিড পাওয়া যাইবে?
(c) নিরুদক দ্রব্য (dehydrating agent) হিসাবে এবং জারক দ্রব্য (oxidising agent) হিসাবে সালফিউরিক অ্যাসিডের একটি করিয়া ব্যবহারের সমীকরণ সহ উল্লেখ কর।

12. নিম্নলিখিত যৌগ ও মিশ্রণগুলি আলাদা আলাদা ভাবে উত্তপ্ত করিলে যে যে পদার্থ পাওয়া যাইবে সমীকরণ সহ লিখ :
(i) অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট (ii) পটাসিয়াম নাইট্রেট (iii) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও সোডিয়াম নাইট্রাইটের মিশ্রণ (iv) লেড নাইট্রেট।

———

1979
CHEMISTRY (First Paper)
Group—A

1নং প্রশ্ন অবশ্যই উত্তর করিতে হইবে। বাকী প্রশ্নগুলি হইতে যে কোন তিনটি প্রশ্নের উত্তর লিখিতে হইবে।

1. ক্লোরিন ও অক্সিজেন দুইটি ভিন্ন যৌগ গঠন করে। ওজন হিসাবে ইহাদের প্রথমটিতে ক্লোরিনের শতকরা ভাগ 81·6 এবং দ্বিতীয়টিতে ক্লোরিনের শতকরা ভাগ 59·7। এই পরীক্ষার ফল যে রাসায়নিক সংযোগ-সূত্রটির সহিত সঙ্গতিসম্পন্ন তাহা বিবৃত কর। তোমার উক্তির সপক্ষে যুক্তি দেখাও।

অথবা, 1. (a) সালফার ডাই-অক্সাইড অণুতে একটি সালফার পরমাণু ও দুইটি অক্সিজেন পরমাণু বিদ্যমান। এই যৌগে ওজন হিসাবে শতকরা 50 ভাগ সালফার থাকিলে সালফার ও অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্বের অনুপাত কী?

(b) কার্বন ডাই-অক্সাইডের "বাষ্প ঘনত্ব 22"—এই উক্তির অর্থ কী?

2. (a) একটি যৌগে 37·8% কার্বন, 6·3% হাইড্রোজেন ও 55·9% ক্লোরিন আছে। এই যৌগের 0·638 g কে বাষ্পীভূত করিলে প্রমাণ চাপে ও 100°C তাপমাত্রায় ইহার আয়তন হয় 154 ml. যৌগটির আণবিক সংকেত কি? ইহার সঠিক আণবিক গুরুত্ব কত? (Cl=35·5)

(b) "এক গ্রাম নাইট্রোজেন ও এক গ্রাম কারবন মনক্সাইড এর মধ্যে অণু-সংখ্যা প্রায় সমান।"—ইহা প্রমাণ কর। [N=14]

3. (a) মোলার দ্রবণ কাহাকে বলে?

(b) বাণিজ্যিক সালফিউরিক অ্যাসিডের একটি বোতল 86% সালফিউরিক অ্যাসিড বলিয়া চিহ্নিত আছে। ইহার ঘনত্ব 1·787g/c.c. হইলে অ্যাসিডের এই দ্রবণের মোলারিটি কত?

(c) সোডিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের 2g একটি নমুনা 50 ml N NaOH দ্রবণে যোগ করা হইল এবং উদ্ভূত বাষ্পে ধৃত সিক্ত লাল লিটমাস কাগজ এর বর্ণ পরিবর্তন না হওয়া পর্যন্ত ইহাকে ফোটান হইল। এই দ্রবণটি ঠান্ডা করিয়া প্রশমিত করিতে 20 ml N H_2SO_4 দ্রবণের প্রয়োজন হইল। ঐ নমুনার মধ্যে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের শতকরা ভাগ কত ছিল?

4. (a) একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় ও চাপে $H_2\ (g)+I_2\ (g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ এই বিক্রিয়ার বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলি সাম্যাবস্থায় আছে। বিক্রিয়াটি তাপ-উদ্গারী (exothermic)। এখন তাপমাত্রা ও চাপ পরিবর্তন করিলে বিক্রিয়াজাত পদার্থটির পরিমাণ কী ভাবে পরিবর্তিত হইবে তাহা ব্যাখ্যা কর। যে সূত্রটির সাহায্যে ইহা ব্যাখ্যা করা যায় সেটি বিবৃত কর।

(b) K_2MnO_4 যৌগে Mn এর এবং $KClO_3$ যৌগে Cl এর জারণ সংখ্যা নির্ণয় কর।

5. গ্যাসীয় সূত্রগুলির সাহায্যে প্রমাণ কর : $PV=nRT$. (বিভিন্ন চিহ্নগুলি প্রচলিত অর্থে ব্যবহৃত হইয়াছে)।

এই সমীকরণের সাহায্যে "R" এর মান (value) নির্ণয় কর এবং যে এককে এই মান প্রকাশ করিলে তাহা লিখ। এই একক ভিন্ন আরও যে যে এককে "R" এর মান প্রকাশ করা যাইতে পারে তাহার মধ্যে দুইটির নাম লিখ।

6. (a) সোডিয়াম কারবনেট এর সহিত লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণের বিক্রিয়াটি বিবৃত কর এবং রাসায়নিক সমীকরণ এর সাহায্যে সোডিয়াম কারবনেট এর তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর। [Na=23]

(b) নিম্নলিখিত বিবৃতিগুলির ব্যাখ্যা কর—
(i) নাইট্রিক অক্সাইড একটি প্রশম অক্সাইড।
(ii) সোডিয়াম কারবনেট শমিত লবণ হইলেও ইহার জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী।
(iii) সোডিয়াম বাইসালফেট একটি অম্ল লবণ।

Group—B

7 নং প্রশ্ন অবশ্যই উত্তর করিতে হইবে। বাকী প্রশ্নগুলি হইতে যে কোনও তিনটি প্রশ্নের উত্তর লিখিতে হইবে।

7. প্রমাণ কর যে—
(a) ওজোন অক্সিজেনের একটি রূপভেদ।
(b) সালফিউরিক অ্যাসিডে সালফার আছে।

অথবা, (a) চুনের জল বাতাসে রাখিয়া দিলে উহার উপর সর পড়ে কেন?
(b) পৃথিবীতে জীবজন্তুর শ্বাসপ্রশ্বাস ও বিভিন্ন দহন ক্রিয়ার ফলে বাতাসে অক্সিজেন এর পরিমাণ ক্রমাগত কমিয়া কারবন ডাই-অক্সাইড এর পরিমাণ অনেক বাড়িয়া যাওয়া উচিত। কিন্তু তাহা হয় না কেন?

8. (a) পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের দ্রবণ কিভাবে প্রস্তুত করা যায় তাহা সমীকরণ সহ বিবৃত কর।
(b) নিম্নোক্ত ক্ষেত্রে কি ঘটে সমীকরণ সহ লিখ—
(i) H_2SO_4 দ্বারা অম্লীকৃত $KMnO_4$ দ্রবণে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড যোগ করা হইল।
(ii) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণে পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ যোগ করা হইল। (c) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের দুইটি ব্যবহারের উল্লেখ কর।

9. (a) নাইট্রোজেন, সালফার ও ফসফরাসের একটি করিয়া হাইড্রাইডের নাম লিখ এবং ল্যাবরেটারিতে ইহাদের প্রস্তুত করিবার জন্য প্রয়োজনীয় বিকারকগুলির উল্লেখ কর।
(b) তোমার উল্লেখিত নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের হাইড্রাইড এর যে কোন দুইটি রাসায়নিক ধর্মের তুলনামূলক বিবরণ লিখ।

10. (a) ফসফরাস কেন প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না তাহা লিখ। ইহার দুইটি রূপভেদের নাম বল। ইহাদের প্রত্যেকটিকে কিভাবে অন্যটিতে রূপান্তরিত করিবে? ইহা কী ভাবে সংরক্ষিত হয়?
(b) ফসফরাস হইতে ফসফরিত অ্যাসিড কিরূপে প্রস্তুত করিবে?

11. নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে কী ঘটে তাহা সমীকরণ সহ বিবৃত কর—(যে কোনও চারিটি)—
(a) গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড সহযোগে উত্তপ্ত করা হইল।
(b) ব্রোমিন দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড চালনা করা হইল।
(c) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড বিচূর্ণ কাঠ কয়লা সহযোগে উত্তপ্ত করা
(d) সোডিয়াম নাইট্রেট দ্রবণ বিচূর্ণ জিঙ্ক ও কষ্টিক সোডা সহযোগে উত্তপ্ত করা হইল।
(e) উত্তপ্ত ক্যালসিয়াম এর উপর দিয়া নাইট্রোজেন চালনা করা হইল।

12. (a) Haber পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া কী ভাবে প্রস্তুত হয়?
(b) অ্যামোনিয়া হইতে কী ভাবে (i) ইউরিয়া ও (ii) নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায়?